Albert Heim.

Ueberreicht vom Verfasser.

Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in ZÜRICH.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. A. LANG

herausgegeben von

Dr. FERDINAND RUDIO,

Professor am Eidgenössischen Polytechnikum.

Sonderabdruck aus Jahrgang 51. 1906.

Geologische Nachlese.

Nr. 15.

Ein Profil am Südrand der Alpen, der Pliocaenfjord der Breggiaschlucht.

Von **Albert Heim.**

Druck von Zürcher & Furrer in Zürich.

GEOLOGY

554.9478
H363p

Geologische Nachlese.

Von

Albert Heim.

Nr. 15.

Ein Profil am Südrand der Alpen, der Pliocaenfjord der Breggiaschlucht.

Mit zwei Chromotafeln und Textbildern.

I. Vorwort und Einleitung.

Die Zementfabrik bei Chiasso hatte mir die Aufgabe gestellt, die Ausdehnung des von ihr ausgebeuteten Kalksteines, des Biancone, festzustellen. Für die Wasserversorgung der Gemeinden Chiasso und Balerna suchte ich passende Quellen. Diese Expertenarbeiten machten mich mit der Umgebung von Chiasso, im besondern mit dem Gebiete der herrlichen Breggiaschlucht bekannt. Ich ergänzte dann meine Beobachtungen nachher in rein wissenschaftlichem Interesse. Dies geschah im April und im Oktober 1905. Im April begleitete mich mein Assistent Dr. Ernst Blumer. Später hat mir auch bei der Ausarbeitung dieser Notizen Herr Dr. Ernst Blumer durch mikroskopische Untersuchung der mitgenommenen Proben etc. geholfen. In den Weihnachtsferien machte ich zusammen mit meinem Sohne Dr. Arnold Heim eine letzte Kontrollexkursion.

Wir befinden uns am Südfusse der Alpen. Das hier vielfach verbogene Alpenstreichen ist auf eine ziemliche Strecke, das ist von Mendrisio bis Como, aus dem herrschenden W-E in NW-SE gedreht. Die Schichten fallen vom Gipfel des Monte Generoso bis an die Alluvionen der Poebene ziemlich steil gegen SW ab in normaler Reihenfolge, so dass wir von den Alpen gegen die Ebene hinaus auf stets jüngere Schichten treffen. Auf den aberodierten Schichtköpfen aber, vom Niveau von 400 m über Meer an hinab, liegen jüngste Gebilde, welche von der Alpendislokation nicht mehr aufgerichtet worden sind. Die Breggia, mit ihrem Sammelgebiet ganz nur dem Gebirge des Monte Generoso angehörend, hat eine prachtvolle, streckenweise ungangbare Schlucht von N nach S durch die aufliegenden jüngeren Gebilde bis tief in die dislocierten Untergrundschichten geschnitten und dadurch die gegenseitige Lagerung der verschieden alten Gebilde in herrlicher Weise für die Beobachtung entblösst.

Nirgends finde ich eine ausreichende Würdigung der Aufschlüsse der Breggiaschlucht. Die geologische Karte der Schweiz 1:100000 hat in Blatt XXIV, welches dieses Gebiet enthält, überdies viele Fehler: Der Flysch westlich Balerna gegen Coldrerio ist nicht angegeben, die Grundmoränenlehme südlich des Bahnbogens von Balerna sind für Pliocaen genommen, dagegen das weiter westlich in der Schlucht der Roncaglia in grosser Ausdehnung aufgeschlossene Pliocaen ist als Quartär dargestellt. Von Chiasso bis weit SE über Como hinaus ist zwischen Lias und Tertiärnagelfluh ein Streifen Pliocaen gezeichnet, wo Biancone, Scaglia und eocaene Flyschmergel streichen. Es wird also eine Korrektur der Karte erwünscht sein. Endlich enthält unsere Gegend unfern Balerna die Lager, von welchen ausgehend Stoppani, Spreafico und dann besonders Desor behaupteten, die Gletscher seien ins Pliocaenmeer vorgedrungen und unser glaciales Diluvium am Nordabhang der Alpen sei überhaupt die glacial-terrestrische Facies des Pliocaen. Über diese letztere Frage hatte sich eine ganze Literatur entwickelt. Rütimeyer, Ch. Mayer-Eymar, Sordelli, Taramelli, Renevier und andere haben sich darüber ausgesprochen, und alle diese letzteren haben bezeugt, dass nirgends geschrammte Geschiebe im marinen Pliocaenton zu finden seien und nur an wenigen Stellen Pliocaenton ins Glaciale aufgeschürft vorkomme, das Pliocaen aber auch am Südfuss der Alpen älter sei, als Diluvium. Ich möchte noch hinzusetzen: Pliocaenconglomerat wurde für Diluvialschotter gehalten und dadurch der Irrtum vermehrt.

Meine Beobachtungen in dem Gebiete der Breggia können die schon von andern angebahnte Aufklärung noch wesentlich vervollständigen und erweitern. Es schien mir deshalb gerechtfertigt, dieselben hier zu geben.

II. Die alpin aufgerichteten Gesteine im Profil der Breggiaschlucht.

Am Nordabhang und an der Westflanke des Monte Generoso, wie weiter westlich am Poncione d'Arzo, liegen mit ziemlich gleichmässigem S-Fallen die Triasgebilde. Ihr oberstes Glied ist der Dachsteinkalk. Darüber folgt bei Arzo und nördlich Mendrisio der untere Lias. Wir wollen unser stratigraphisches Profil mit dem unteren Lias beginnen und dann vom Mittellias weg die Aufschlüsse in der Breggiaschlucht als ein lückenloses Profil verfolgen.

1. Unterer Lias, Brocatello d'Arzo, Marmo d'Arzo, Steinbrüche um Arzo und Saltrio. Bunter, vorherrschend roter Kalkstein. Die schönsten Varietäten des in feurigen, fleckigen und streifigen Zeichnungen von grau, rot, gelb und weiss vorkommenden, architektonisch

5 54,947 x
H 363 p

vielfach verwendeten Gesteines finden sich an seiner Basis, wo der Dachsteinkalk in mächtigen Karrenbildungen ausgelaugt oder auch trümmerig zerfallen ist und der rote Liaskalk die Trümmer des Dachsteinkalkes verkittet, die Karrenlöcher ausfüllt und oft zwischen beiden schlierig die alte „Terra rossa" einschliesst, die über den Dachsteinkalkkarren sich gebildet hatte. Diese rote tonige terra rossa freilich ist oft das Unglück des Steinhauers, denn ihr entlang trennt sich manchmal die kaum fertig gehauene bunte Säule. Wir beginnen also unsere Schichtreihe mit einer ausgezeichneten Transgression des Liasmeeres über den angewitterten Dachsteinkalken. Die Spuren dieser Erscheinung gehen weit in die Ostalpen hinein, wo an verschiedenen Stellen Lias mit Fossilien in Schloten und Karrenlöchern der Keuperkalke und Dolomite gefunden worden ist. Das bunte Gestein enthält im ganzen wenig Fossilien. Schwarmweise treffen wir auf Brachyopoden (Zeilleria cor Lam. (Terebr.) Rhynchonella belemnitica Qu.), auf Lima, Pecten, Crinoiden (Apiocrinus sp.), nur ausnahmsweise auf andere Fossilien.

Nach oben wird die Schichtung und die Gesteinsbeschaffenheit nach Korn und Farbe gleichmässiger und matter. Der untere Lias ist sehr ungleichförmig ausgebildet, bald fast fehlend, bald mächtig, wie es einem Transgressionsgebilde entspricht. Sehr ungleichförmige Mächtigkeit zeichnet fast noch mehr das folgende Glied der Schichtreihe aus. Schichtenfall nördlich ob Arzo etwa 15° nach Süd, weiter südlich steiler bis 30°.

2. Dunkelgrauer Lias, mittlerer Lias, allmählich nach oben aus dem bunten Lias sich entwickelnd. Rauher, bald dichter, bald unregelmässig körniger, wenig reiner, auf frischem Bruch dunkelgrauer, bankiger Kalkstein, regionenweise mit vielen kieseligen Streifen und mit Lagen von schwarzem Hornstein (Lydit), sehr arm an bestimmbaren Fossilien. Der Hornstein enthält wie der Kalk nach unseren mikroskopischen Untersuchungen in Masse Nadeln von Kieselspongien; er ist ein Spongit. Auf dem Wege durch Valle di Muggio von Morbio superiore hinein bis in die Valle della Grotta zu den dort gelegenen herrlichen Quellen habe ich auf eine Strecke, geradlinig gemessen von 6 km quer zum Streichen, mit einförmigem SW-Fallen von ca. 25 bis 30°, bald dünnbankig, bald grobbankig mit nur sehr wenig schieferigen Einlagerungen immer nur dieses eine Gestein getroffen. Es reicht noch weiter bis über den Gipfel des Monte Generoso hinaus. Wenn nicht versteckte Faltungen oder versteckter Schuppenbau vorhanden sind, wofür ich nirgends Anzeichen gefunden habe, so müssen wir eine unerhörte Mächtigkeit von 2000 bis 3000 m annehmen. Am Westabfall des

Monte Generoso ist der graue Lias auf 800 bis 900 m Mächtigkeit in regelmässig südfallender Schichtung direkt angeschnitten und auf einen Blick sichtbar. Weiter westlich gegen Arzo nimmt er stark ab. Im allgemeinen ist der Lias in der Höhe und weiter nördlich flacher gelagert (20 bis 30°), gegen den Südrand wird er steiler. Bei Obino, Castello S. Pietro, Mendrisio steht er mehr oder weniger senkrecht. Nach den Tiefen der Breggiaschlucht flacht er sich wieder zu 60 bis 45° SW-Fall aus. Unser Profil Taf. I, Fig. 1 beginnt bei Morbio superiore in den oberen Schichten des grauen Lias.

Unten in der Schlucht bei Rovagino bei 385 bis 400 m Meerhöhe tritt aus dem Liaskalk eine mächtige Quellengruppe heraus. Dieselbe ist auf meine Befürwortung hin zur Wasserversorgung von Chiasso gefasst und, da die Schlucht unterhalb zu schwierig und ungangbar ist, durch einen Stollen von ca. 900 m Länge durch Liaskalk, Moräne und Ceppo nach S hinaus geleitet worden. Herr Ingenieur A. Guggenbühl in Zürich hat das ganze Werk ausgeführt und bei dieser Gelegenheit mancherlei beobachtet, worüber er mir folgendes berichtet:

Die grossen Quellen kommen im linksseitigen Gehänge etwas über der Breggia zum Vorschein. Sie entströmen mehreren Felsröhren von rundlichem Querschnitt und 20 bis 60 cm Durchmesser. Die Röhren steigen in oder zwischen den verschiedenen Schichten, vorherrschend in mergeligen Lagen, mit dem Gefälle der Schichten aus der Tiefe heraus und mündeten vor der Fassung zum Teil in der Breggia und bis 20 m höher hinauf. Die tiefst mündende Quellröhre hat Wasser von 12°, die höheren von 11,7°. Auch auf der rechten, westlichen Talseite zeigte sich eine Quellröhre bei 8 m und eine andere, nur bei Hochwasser tätige Quellröhre, 20 m über der Breggia. Der Ertrag der Quellröhren wurde über dem Hochwasserniveau der Breggia durch einen Stollen im Liasfels zusammengefasst.

Der minimalste Wasserertrag der Fassungen war 70 Sekundenliter, im Jahr 1905 ist er niemals unter 120 Sekundenliter gesunken und oft erreichte er 250 Sl. Das beobachtete Maximum der Fassung nach mehrtägig anhaltendem Regen war 1800 Sl., während gleichzeitig noch ca. 500 Sl. aus nicht gefassten höheren Felsröhrenmündungen aussprudelten. Die Quellen schwellen schon 3 Stunden nach kräftigem Regen im Muggiotale an, bleiben aber dabei selbst nach mehrtägigem starkem Regen klar und ändern auch ihre Temperatur nicht, woraus auf ein grosses unterirdisches, als Reservoir dienendes Netz von Wasserspalten, Höhlen und Röhren von über 300,000 m^3 Inhalt zu schliessen ist. Neben dieser rasch sich vollziehenden Schwankung gibt es eine zweite geringere Schwankung,

welche dem Regen oder andererseits der Trockenheit mit 4 Menate Verspätung nachfolgt. Bei den Anschwellungen strömt das Wasser mit grosser Gewalt aus den Quellröhren, die offenbar nicht sehr direkt miteinander zusammenhängen.

Unter der Strassenbrücke zwischen Morbio superiore und Castello S. Pietro fällt die Breggia über die Liasfelsplatten hinab. Hingekauert an den Fels liegt die Mühle Molino di Morbio. Von dort kann man noch ein Stück talabwärts gehen bis zum stehen gebliebenen Widerlager einer alten, zusammengestürzten Brücke. Die Schichten fallen stets 45° bis 55° gegen SW, der Bach durchschneidet quer zum Streichen. Man kann auch an zwei Stellen bis an den Fluss hinabklettern und unten lückenlos das Profil vom grauen Lias bis in den Dogger verfolgen. Wenigstens gelingt dies bei niedrigem Wasserstand und warmer Witterung, wenn man sich nicht zu scheuen braucht, die Breggia mehrfach bis über die Knie zu durchwaten. Ich folge nun diesem Profil und finde gegen SSW den mächtigen, dunkelgrauen Lias allmählich ohne eine näher zu bezeichnende Grenze übergehend in:

3. ca. 100 m heller Lias, hellgraue, auch weisslichgraue und gelbe Kalkbänke, ziemlich regelmässig 20 bis 40 cm mächtig. Ich zähle in der Breggiaschlucht von weitem auf der Strecke von Molino bis zum Wasserfall oberhalb des „Ammonitico rosso“ ca. 250 gut getrennte Schichtbänke. Darin finden sich Bänke von hellbraunem Hornstein, viele schlecht erhaltene unbestimmbare Ammoniten, hie und da ganz dünne, tonige Zwischenlager zwischen den Kalksteinen. Diese Kalksteine sind im chemischen Bestand und in der Struktur makroskopisch wie mikroskopisch vom dunkelgrauen Lias nicht wesentlich verschieden und vielleicht nur hier durch Verwitterungsfärbung aus dem grauen hervorgegangen. Ich würde sie hier gar nicht besonders abgetrennt haben, wenn sie nicht für die Erklärung des später zu besprechenden „Pontegana-Conglomerates“ den Schlüssel gegeben hätten.

4. Oberer Lias, roter Lias, „Ammonitico rosso“. Derselbe besteht von unten nach oben, in stets allmählichen Übergängen, in zahlreichen Bänken vermittelt, aus:

a) Mehr und mehr rosarote, knollige Kalksteinbänke mit roten, allmählich zunehmenden, mergligen Zwischenlagen.

b) Intensiv zinnoberrote Mergel mit stets dünneren, knolligen, weisslichen oder rosaroten Kalkbänken oder auch nur Lagen und Reihen von hellen Kalkknollen, ca. 10 m, Haupthorizont der Ammoniten.

c) Weisse und hellrötliche, dünne, knollige, etwas mergelige Kalkbänke mit roten Zwischenmergeln; Farbe blasser, kalkige Bänke über die Zwischenmergel wieder vorherrschend. Obere Grenze unbestimmt, Mächtigkeit ca. 10 m.

Alle diese zahlreichen Bänke enthalten keine Hornsteine und sind reich an schlecht erhaltenen Ammoniten. Andere Fossilien fanden wir nicht. Herr Dr. Rollier bestimmte unter den von mir hier gesammelten Fossilien:

Aus 4 b:

Poecilomorphus (Lillia) Mercati v. Hauer (Am.), Leitfossil des obersten Lias, drei Exemplare.

Coeloceras crassum Phil. (Am.), Ober-Lias, ein Stück.

Coeloceras cfr. longalvum Vacek, Ober-Lias, zwei Exemplare.

Hildoceras cfr. bifrons Brug. (Am.), Ober-Lias, drei Exemplare.

Phylloceras Nilsoni Héb. (Am.), Ober-Lias, drei Exemplare.

Aus 4 c:

Ludwigia Aalensis v. Ziet. (Am.), oberster Lias bis unterster Dogger.

Phylloceras Nilsoni Hébert (Am.), oberster Lias bis unterer Dogger. Diesen habe ich in 4 c wie in 4 b abermals in drei Exemplaren herausgeschlagen.

Genau in gleicher Beschaffenheit findet sich der Ammonitico rosso in einigen Platten gut entblösst, senkrecht gestellt, nördlich von Loverciano, westlich von Castello S. Pietro. Sonst habe ich ihn nirgends in den Umgebungen von Chiasso anstehend mit Fossilien gefunden.

5. Dogger? und Unterer Malm? ca. 100 m. Vom Lias zum Dogger findet keine wesentliche petrographische Veränderung statt. Stetsfort wechseln zahllose blassrötliche oder weisse, knollige Kalkbänke mit roten Zwischenmergeln ab. Die Felsmassen sehen wunderbar buntgestreift aus; die Schichtung ist sehr scharf gezeichnet. Kalk und Mergel finden sich in allmählich ändernden Mächtigkeiten. Was aber dem Ammonitico rosso fehlte, stellt sich hier ein, nämlich graue Hornsteinstreifen und Bänke. Die Wand, über die das kleine Bächlein östlich Castello S. Pietro in die Breggia stürzt, besteht aus dieser Schichtfolge. Unten im Bord der Breggia sehen wir darin eine sonderbare Verfaltung mitten zwischen parallelen ebenen Schichten, Taf. II, Fig. 4. Nur die ausgeprägte Schichtung, wechselnd weicher Mergel und festerer Kalkstein, konnte dergleichen ermöglichen. Aber es handelt sich hier um eine Faltung ungewöhnlicher Art. Die Achse der Fältchen liegt nicht im Streichen der Schichten, die Fältelung gehört nicht zu dem Phänomen der gesamten Schicht-

aufrichtung. Vielmehr steht die Achse der kleinen Falten ganz steil und fast genau in der Vertikalebene der Fallrichtung, so dass diese lokale Fältelung auf eine lokale longitudinale Zusammenpressung zurückzuführen ist.

Von einer zugänglichen Stelle notierte ich in diesem Komplexe 3 bis 10 cm dicke, hellgelbgraue Kalkbänke mit 1 bis 5 cm dicken, grauen Feuersteineinlagerungen, die Kalkbänke durch 1 bis 3 cm rote Mergel getrennt. Nach oben reduzieren sich die Mergeleinlagerungen auf dünne Häute; die Kalkbänke werden allmählich 10 bis 40 cm dick und manchmal etwas sandig, glimmerführend.

Was nun beweist, dass dieser Komplex den Übergang zum Dogger darstellt und teilweise schon Dogger ist, sind einige Ammoniten, die ich im untersten Teil desselben gefunden und die Herr Dr. Rollier wie folgt bestimmt hat:

Phylloceras Nilsoni Hébert (Am.) — oberer Lias und unterer Dogger.

Hammatoceras fallax Beneke (Am.) — unterster Dogger, Murchisonae- und Opalinuszone.

Dumortieria Dumortieri (Thioll.) Dumortier — unterer Dogger bis oberer Lias: Murchisonae- bis Opalinuszone.

Dumortieria arata Buckm. — oberer Lias bis unterer Dogger.

Vom grauen Lias durch den hellen Lias, den Ammonitico rosso und den braunen Jura haben wir fortwährend den Wechsel von Tonbänken mit Kalkbänken in wunderbarer Regelmässigkeit. — Unten im grauen Lias sind die Tonbänke oft nur Zwischenhäute, dann nehmen sie an Mächtigkeit zu, die Kalke ab; im Ammonitico rosso herrschen die Tone stark vor; dann allmählich gewinnen die Kalkbänke wieder die Oberhand, und im Dogger stellen sich dazu die Kieselbänder ein. Ich schätze, dass in diesem Profil vom hellen Lias unterhalb Molino bis an die vermutliche obere Grenze des Dogger wohl wenigstens 400 bis 500 Kalksteinbänke und ebensoviele Mergelbänke miteinander abwechseln. Der zunehmende Kieselgehalt deutet vielleicht auf Zunahme der Meertiefe. Wo wir innerhalb der 90 bis 100 m starken Schichtmasse zwischen dem echten Ammonitico rosso einerseits und dem roten Radiolarit (No. 6) andererseits die Grenze von Lias und Dogger und wiederum die Grenze von Dogger und Malm zu setzen haben, bleibt vollständig unentschieden.

Der Wechsel setzt etwas verändert fort. Die genaue Beobachtung und das Suchen nach Petrefakten erhält einen Unterbruch durch die Ungangbarkeit der dunkeln Schlucht und ihrer Wände unter den Ruinen der Brückenwiderlager. Die oberen Schichten bis an den Radiolarit sind einzig zugänglich, wenn man von Castello S. Pietro

genau westlich von Punkt 432 m zu dem rechtsseitigen Widerlager der zerstörten Brücke hinabsteigt, dann einen kleinen Pfad rechts hinabklettert. Dort kommt man auf das Trümmerwerk eines feurigroten kleinen Bergsturzes aus Radiolarit und kann dort bei niedrigem Wasser eine Strecke von etwa 60 m dem Bach entlang gehen und das Anstehende schlagen. Es ist eine der schönsten Stellen. Aus der dunkeln Schlucht im unerreichbaren Teil des Dogger heraus stürzt die Breggia als Wasserfall in einen dunkeln Kessel. Das Becken, an dem wir stehen, ist bei niederem Stande mit herrlich grünblauem, klarem Wasser gefüllt. Das Wasser fliesst durch die roten Trümmer. Die Schichtung an den beidseitigen Felswänden streicht quer zur Schlucht und fällt 50° gegen SW. Talauswärts folgen vom Wasserfall noch etwa 40 m des Mergelkalkes von Dogger oder unterem Malm, dann der rote Radiolarit. Weiter auswärts zieht das Wasser in ungangbarer Schlucht durch die roten Felsen dem eindringenden Licht entgegen. Der über dem Radiolarit folgende weisse Biancone ist schluchtauswärts sichtbar, aber nicht erreichbar.

Am Rande des Wasserfallbeckens beobachten wir, dass der Kalkstein nach oben dünnschichtiger, weniger gebankt und knolliger, und die grauen Kalkschichten mergeliger geworden sind. Im grauen Mergelkalk liegen scharf umgrenzte feste Kalklinsen von 1 bis 3 dm Durchmesser. Einzelne grüngraue Hornsteinlagen zeichnen die Schichtung. Versteinerungen fand ich in diesem obersten Teil des Dogger (?) — vielleicht stehen wir schon im Malm? — nicht mehr. Da, plötzlich, ca. 40 m stratigraphisch über den Schichten des Wasserfalles, schluchtauswärts des roten Bergsturzes, ändert sich auch das Bild des Anstehenden, es folgt eine rote hornsteinreiche Masse:

6. Oberer Malm — Aptychenschichten mit Radiolaritlagen. Bald in abgeschlossenen Linsen in rotem, kieseligem Mergelkalk, bald in feinen, bald in groben, knolliglinsigen Bänken, die Knollen und Bänke 10 bis 30 cm dick, setzt der Hornstein fast plötzlich mächtig und herrschend ein. Er ist in einzelnen Flecken weiss oder grün, meistens aber braunrot oder rot. Oft zieht Mergel oder Tonschiefer nur in dünnen, welligen Häuten oder Blättern zwischen den linsigen Hornsteinmassen durch. $^2/_3$, stellenweise $^4/_5$ des 35 bis 40 m mächtigen Komplexes ist Hornstein, etwa $^1/_4$ Mergelkalk und nur wenige Prozente mögen auf die tonigen Zwischenblätter fallen. In den oberen, hier unten in der Schlucht unzugänglichen, in der Höhe aber erreichbaren Schichten des Roten nehmen die Hornsteinbänke ab, der Kalk zu. Unten am Wasser kann man zur Zeit nur bis zu einem ganz in dunkelrotem Hornstein ausgeriebenen, grossen Erosionskessel vordringen.

In den Trümmern des Radiolaritbergsturzes fand ich einen schönen Aptychus eines inflaten Aspidoceren, sogenannter Aptychus latus oder laevissimus, Park. Ferner fanden wir hier in drei Stücken: Belemnopsis (Duvalia) Zeuschneri (Oppel) v. Zittel (Belemnites), dem oberen Malm, besonders Kimerigien, angehörend und Belemnopsis (Hastites) cfr. semisulcata (z. Mü.) Zittel, Kimeridge-Stufe.

In der Umgebung von Chiasso habe ich den Malm-Radiolarit einzig noch in den Bianconegruben der Zementfabrik „Ponte Chiasso" aufgeschlossen gefunden.

Fig. 1. Radiolarie aus körnigem Quarz in dichter Grundmasse.

Fig. 2. Stichocapside?

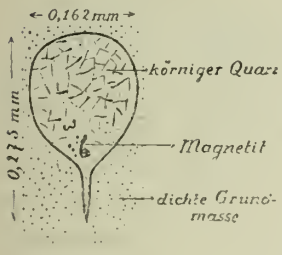


Fig. 3. Stichocapside? Umriss schematisiert.

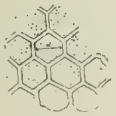


Fig. 4. Stichocapside? Cenosphaera regularis? d = 0,012 mm

Vom Radiolarit-Aptychenschiefer aus der Breggiaschlucht habe ich Dünnschliffe herstellen lassen. Herr Dr. Ernst Blumer hat dieselben mikroskopiert und berichtet darüber wie folgt:

„Der Aptychenschiefer zeigt unter dem Mikroskop in einer bei 70-facher Vergrösserung noch fast dicht aussehenden, kalkigtonigen, eisenschüssigen und darum dunklen Grundmasse sehr zahlreich wasserklare Radiolarienquerschnitte, meistens kreisrund bis elliptisch, seltener von anderen Umrissen. Das helle Innere dieser Radiolarien ist fast ausnahmslos von feinkörnigem Quarz erfüllt; Korn = 0,005—0,01—0,03 (selten bis 0,08) mm. Ein inneres Skelett lässt sich nirgends erkennen. Der Durchmesser der Radiolariengehäuse übersteigt nie 0,25 mm.

„Die runden Querschnitte sind zum Teil glattrandig mit einem Durchmesser von z. B. 0,1 mm (Fig. 1); häufiger aber zeigen sie (und besonders die grösseren Scheiben) einen zackigen Rand, der die alte Bestachelung der Schale noch andeutet, obwohl durch Auflösung und Umsetzung die ursprüngliche schöne Regelmässigkeit fast immer gelitten hat (Fig. 2). Es scheinen dann zu diesen bestachelten kreisförmigen Querschnitten Längsschnitte mit einem dünnen Gipfelstachel zu gehören (Fig. 3); es würde sich demnach um eine Form aus der Familie der Cyrtiden handeln, vielleicht um eine Stichocapsa-Ver-

wandte. Aber stellenweise scheinen auch zwei einander diametral gegenüberliegende „Gipfelstachel“ sich zu finden. Zu einer scharfen Bestimmung konnte ich bei der schlechten Erhaltung der Schale, dem Fehlen aller Struktur-Einzelheiten im Innern, dem Vorhandensein blosser Umrisse, nicht gelangen.

„Neben der herrschenden vermutlichen Stichocapside finden sich gelegentlich noch andere Formen, so namentlich Bruchstücke eines Skelettes aus sechseckigen Gittermaschen (Fig. 4). Sind das vielleicht nur tangentiale Oberflächenschnitte derselben Stichocapside, deren Quer- und Längsschnitte wir beschrieben haben (das Lumen der Maschen würde ungefähr mit der Entfernung der Stacheln stimmen, vergl. Figuren), oder handelt es sich hier um Cenosphaera regularis, Rüst (Palaeontographica XXXI, Taf. XXVI, Fig. 5)? Ganz vereinzelt sind kleine, dreizackige, wasserklare Sphaerozoum-Nadeln (Durchmesser des umschriebenen Kreises 0,04—0,05 mm). An einer Stelle beobachtete ich auch eine planspiral aufgerollte Calcit-Schale, erinnernd an die Radiolarie Discospira aequalis, Rüst. Vielleicht liegt hier eine vereinzelte Foraminifere vor.

„Während schon im Aptychenschiefer selbst die Radiolarienschalen durch teilweise Auflösung, dann durch Verwandlung der ursprünglichen Kieselsäure der Schale in krystallinen Quarz stark gelitten haben, ist das noch viel mehr der Fall im Hornstein. Die Grundmasse besteht hier aus feinstkörnigem, eisenschüssigem Quarz; das Korn schwankt um 0,01 mm. Das überall fein verteilte Eisenoxyd bedingt hier wie im Aptychenschiefer die makroskopisch rote oder braune Färbung des Gesteines. Im Dünnschliff aber ist der Hornstein hell, gelblich bis bräunlich, und der Unterschied gegenüber dem tiefbraunen Aptychenschiefer ist auffallend. Die Grenze ist oft eine ganz scharfe, unvermittelte und wird sogar manchmal durch eine etwa 0,06 mm breite, wasserklare „Quarzader“ bezeichnet. Zu dem allgemeinen, feinstverteilten Eisenoxyd gesellen sich noch da und dort kleine Anhäufungen von Limonit und Magnetit.

„Die Radiolarien des Hornsteins sind bei gekreuzten Nicols zum Teil noch durch etwas gröberes Korn, zum grösseren Teil aber gar nicht mehr von der Grundmasse zu unterscheiden. Im gewöhnlichen Licht heben sie sich als rundliche, klarere Querschnitte von der durch Eisen gelben, feinkörnigen Grundmasse ab. Die Umrisse sind aber nicht scharf begrenzt; oft verfliesst die Versteinerung langsam in das umgebende „Bindemittel“; höchst selten und nur undeutlich lassen sich etwa noch Stacheln erkennen. Nirgends andere Fossilreste; lauter rundliche Umrisse von denselben Dimensionen wie die der Radiolariengehäuse im umgebenden Aptychenschiefer. Die Zahl der

so erkennbaren Radiolarien ist im Hornstein kaum grösser als im Aptychenschiefer; aber wenn an den noch kenntlichen Resten die Stacheln und andere Teile der Schale aufgelöst wurden, so mögen andere Schalen ganz verschwunden und unkrystallisiert sein, und es ist vielleicht das heutige feinstkörnige Quarzgestein nur entstanden durch Umkrystallisation aus sehr reinem Radiolarienschlamm. Der vielfache Wechsel von Aptychenschiefer und Hornsteinbänken war wohl bedingt durch periodisches Hinzutreten eines kalkigen Tonschlammabsatzes zu einem kontinuierlichen Radiolarienabsatz.

„Sekundäre Calcitadern durchziehen das Gestein, den spröden Radiolarit noch häufiger als den Aptychenschiefer. Zum Teil setzen diese Adern an der Grenze von Hornstein und Aptychenschiefer ab; zum Teil setzen sie durch.

„Die Radiolariennatur der roten Hornsteine der oberjurassischen Aptychenschiefer vom Südabhang der Schweizeralpen ist schon von Steinmann erkannt worden[1]); eine eigentliche mikroskopische Beschreibung des Gesteines dagegen ist noch nicht gegeben worden. Sie soll auch durch die vorstehenden Zeilen nicht abgeschlossen, sondern erst eingeleitet werden."

Steinmann hat neuestens[2]) auf die auffallend häufige Vergesellschaftung von Tiefseeradiolarit mit ophiolithischen Eruptiva grossen Nachdruck gelegt, und ebenso darauf, dass solchen Gesteinskomplexen dann jeweilen rasch Seichtmeergebilde folgen. Hier im Gebiete von Chiasso finden wir die ausgezeichneten Radiolarite ohne jede Spur naher Eruptiva und die Überlagerung bleibt noch auf viele hunderte von Metern sedimentär tiefmeerisch. Ich halte diese Ausnahme nicht für einen Widerspruch, denn auch Steinmann scheint mir eher zu denken, dass ophiolithische Eruptiva nur im Tiefmeer entstehen können, und der Eruptivität dann Hebung folge, als dass Tiefmeer ophiolithische Eruptiva notwendig bedingt haben müsste.

7. Biancone (Majolica bianca). Plötzlich ändert das Gestein. An glatter Schichtfuge konkordant endigt hier auf einen Schlag der tiefrote, oben etwas mergelreichere und kieselärmere Radiolaritkomplex und es folgt der schneeweisse, kompakte Biancone ohne jeden Rückfall in Rot oder in Bankung mit tonigen Zwischenschichten. Der Biancone tritt uns als unten massiger, oben besser geschichteter, fast schneeweisser, dichter, prachtvoll muschlig splittrig brechender, reiner Kalkstein von in der Breggiaschlucht ca. 100 m Mächtigkeit entgegen. Nur hie und da findet man einige Feuersteinkonkretionen darin. Ein-

[1]) Eclog. geol. Helv. Bd. II (1890/92) p. 69.

[2]) Ber. naturf. Ges. zu Freiburg i. B., Bd. XVI, S. 18—67, 1905.

zig in den allerobersten 1 bis 2 Metern des Biancone häufen sich solche. In den obersten 10 m stellen sich auch 4 oder 5 jeweilen 10 bis 15 cm dicke, graue Tonmergelbänke zwischen den weissen Kalkbänken ein und hier trifft man auch ziemlich oft auf Markasitkonkretionen im Kalkstein. Die nähere Prüfung einer Anzahl Dünnschliffe durch Bianconeproben, von Herrn Dr. Ernst Blumer durchgeführt, hat die nachfolgenden Ergebnisse geliefert, die ich in dessen eigener Redaktion hier folgen lasse:

„Unter dem Mikroskop erweist sich der Biancone als ausserordentlich feinkörniges und ganz reines Calcitgestein. Die Korngrösse steigt bis 0,01—0,02 mm. Von dieser feinstkörnigen Grundmasse heben sich zahlreiche helle Foraminiferenquerschnitte ab. Gleich einheitlich wie das Gestein ist die Foraminiferenfauna. Es handelt sich nur um eine einzige sicher bestimmte Form. Die Schnitte dadurch sind in Folgendem (Figur 5) dargestellt:

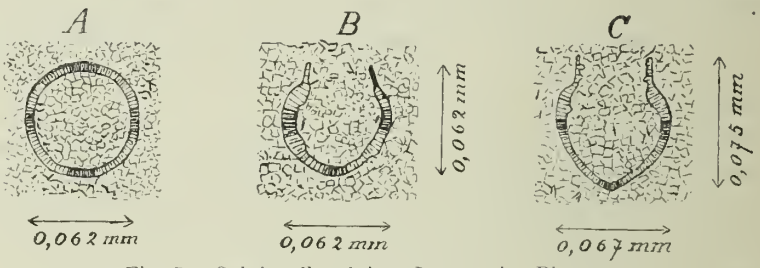


Fig. 5. Calpionella alpina, Lorenz, im Biancone.
A = Querschnitt.
B, C = Längsschnitte. (+ Nicols)

„Am häufigsten sind die Kreisschnitte, von hellem, radialstrahligem Calcit oder Aragonit (bei gekreuzten Nicols mit dem Achsenkreuz sphärischer Aggregat-Polarisation), deren Durchmesser im Maximum 0,06—0,07 mm beträgt. Dazu gesellen sich elliptische Schnitte, deren Breitendurchmesser obige Zahl ebenfalls nicht überschreitet und endlich reine Längsschnitte (Fig. 5 B und C), deren Breitendurchmesser wieder nicht über 0,07 mm hinausgeht, während die Länge bis 0,075 mm beträgt. Die Dicke der Wandung schwankt in allen Schnitten um 0,006 mm. Diese Übereinstimmung der Dimensionen von Wandung und Hohlvolumen bei den verschiedenen Schnitten zeigt, dass unsere drei Figuren Nr. 5 als Längs- und Querschnitte einer krugförmigen Lagenide zusammengehören.

„Beim Studium der einschlägigen Literatur fand sich, dass diese Form ganz übereinstimmt mit der von Lorenz[1]) aus der tithonischen

[1]) Lorenz, Geol. Studien im Grenzgebiete zwischen helvetischer und ostalpiner Facies, Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., Bd. XII. 1902, p. 61.

Grundmasse der Falknisbreccie beschriebenen Calpionella alpina; nur gibt Lorenz eine etwas dickere Wandung an und eine feine Porosität der Schale, welch letztere im Biancone nicht konstatiert werden konnte. In der Tat hat schon Lorenz das Vorkommen von Calpionella alpina im Biancone der Olona-Schlucht nördlich Varese erwähnt, ohne aber eine weitere Beschreibung des Gesteins oder des Fossils zu geben.

„Abgesehen von vereinzelten helleren Calcitsplittern, die wohl ganz unkenntlich gewordene Petrefaktentrümmer darstellen, findet sich daneben, zwar weniger häufig, aber doch nicht gerade selten, eine zweite Gestalt, die stets runde, oft kreisrunde Querschnitte aufweist. Der Rand ist bisweilen glatt, häufiger gezackt, wie angefressen und aufgelöst (Fig. 6); es scheinen zwischen glattrandigen und gezackten Formen Übergänge zu bestehen. Hie und da auch siebartig durchlöcherte Exemplare (Fig. 6 B).

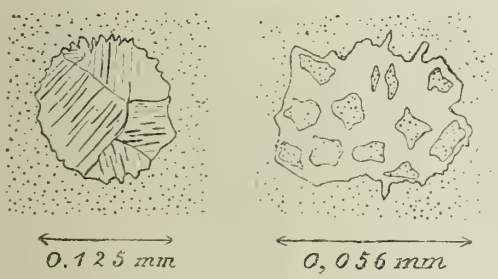


Fig. 6. Calcitisierte Radiolarienskelette?
A: aus wasserklarem Calcit.
B: mit Resten der ursprünglichen Gitterung.

„Während bei der Lagenide Calpionella stets nur die Wandung aus reinem, klarem Calcit oder Aragonit besteht und das Innere der Schale mit derselben feinkörnigen, leicht bräunlichen Grundmasse erfüllt ist, die das Skelett umgibt, ist bei der geschilderten zweiten Form stets das ganze Innere reiner, grobkörniger Calcit (Fig 6). Ferner ist deren Durchmesser oft grösser als bei Calpionella, nämlich bis 0,15 mm. Ich vermute, dass es sich in diesen Kugelformen mit den zackigen Umrissen und der siebartigen Durchlöcherung um stark umgewandelte und angegriffene und vor allem stets calcitisch gewordene Radiolarien-Skelette handelt, wohl um Stichocapsa-Verwandte. Der im Gegensatz zu den Calpionellen so schlechte Erhaltungszustand stünde dann in vollem Einklang mit der erlittenen Metamorphose. Diese selbst wäre sehr begreiflich: Die in dem Calcitgestein zirkulierende, stets mit Ca CO_3 beladene Bergfeuchtigkeit (oder das marine Grundwasser in der Zeit der Diagenese) waren, gemäss dem allmächtigen chemischen Gesetze der Massenwirkung, gewiss stets geneigt, Calcit abzusetzen und dafür andere Stoffe aufzulösen, so die Kieselsäure der vereinzelten Radiolarienskelette. Vielleicht wurde diese dann konkretioniert zu Feuersteinknollen, die da und dort im Biancone sich finden.

„Im mikroskopischen Bilde hat der Biancone viel Ähnlichkeit mit dem Seewerkalk: Dasselbe reine, feinstkörnige Calcitgestein, hier wie dort erfüllt von einer Foraminiferenfauna. Die Glauconitkörner des Seewerkalkes fehlen im Biancone. Der Seewerkalk ist viel reicher an Individuen und an Arten von Foraminiferen als der Biancone; während sich in ersterem Foraminiferen und Grundmasse meist etwa das Gleichgewicht halten, sind im Biancone die Foraminiferen mehr vereinzelt in stark überwiegender Grundmasse eingestreut. Calpionella alpina ist noch nie im obercretacischen Seewerkalk aufgefunden worden; wohl aber findet sie sich, wie Lorenz gezeigt hat[1]), in der

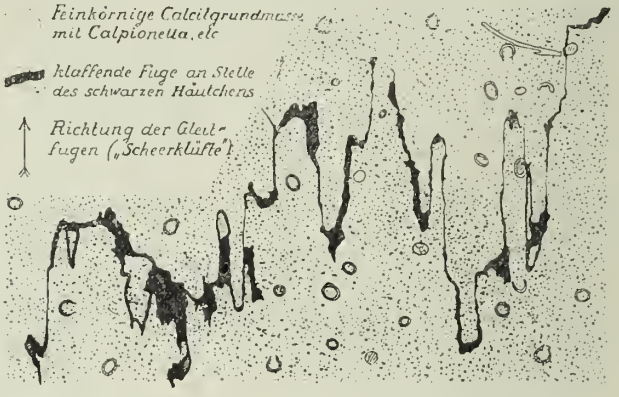


Fig. 7. Kurzer Abschnitt eines schwarzen Häutchens des Biancone im Dünnschliff bei 50-facher Vergrösserung. (+ Nicols)

tithonischen Falknisbreccie, im oberjurassischen Aptychenkalk des Berglittensteins oberhalb Grabs (Kt. St. Gallen), im Aptychenkalk beim Schlierenbach (Iberg), sowie im Châtelkalk des Gschwendtobels bei Iberg. Es scheint so vorläufig Calpionella alpina leitend für oberen Jura. Dies stimmt damit überein, dass der Biancone als ein Bindeglied von Tithon und unterer Kreide anzusehen ist.

„Biancone und Seewerkalk sind beide von schwarzen, bituminös tonigen Häuten durchzogen. Aber während diese beim Seewerkalk massenhaft auftreten, schichtig-flaserig angeordnet und relativ ziemlich dick sind, handelt es sich beim Biancone um verschieden gerichtete, keineswegs an die Schichtfugen gebundene und nicht in jedem Handstück zu findende, sehr feine und meistens zackige Nähte. Fig. 7 stellt das mikroskopische Bild durch einen kurzen Abschnitt einer solchen „stylolithischen" Sutur dar.

„Meist ist durch die Operation des Schleifens das Häutchen selbst herausgefallen und die Naht erscheint nun zwischen gekreuzten Ni-

[1]) loc. cit. pag. 61.

cols, wie Fig. 7 es darstellt, als schwarze, klaffende Fuge; nur an einzelnen Stellen sind darin Fetzen des dunklen Häutchens erhalten geblieben. Gewiss sind auch an vielen Stellen noch Fetzen vom Nachbargestein beim Schleifen mit fortgerissen worden. Daher bildet die zu beobachtende und gezeichnete klaffende Fuge wohl im grossen ganzen, aber nicht in feinen Einzelheiten das verschwundene Häutchen ab.

„Vor allem fällt die ausgesprochene, fast mathematische Parallelität der feinen vertikalen Linien der Sutur in unserer Zeichnung auf. Ganz vereinfacht gibt das Schema von Fig. 8 das Verhalten wieder.

Fig. 8. Schema einer schwarzen „Naht" im Biancone.

„Es handelt sich hier keineswegs um Mikrofaltung. Vielmehr scheint ein ursprünglich flaches oder leicht welliges Häutchen später zerrissen und in seinen einzelnen Teilen verstellt worden zu sein. Die dünnen vertikalen Linien der Zeichnung sind die Verschiebungsflächen, das Ausgehende der Gleitflächen; sie geben die Bewegungsrichtung an. Der ganze zackige Verlauf der Sutur, die nur das Ausgehende einer entsprechend gestalteten Fläche ist, zeigt ein zapfenförmiges Ineinandergreifen, ein gegenseitiges sich Verzahnen der Gesteinspartien zu beiden Seiten des schwarzen Häutchens."

„Der Biancone ist in der Gegend der Breggiaschlucht zwar steil aufgerichtet, aber nicht gequetscht, nicht sichtlich dynamisch verändert; die stylolithisch-zackigen Häute haben nichts mit Dynamometamorphose zu tun. Man kann auch nirgends eine „Gleitfuge" von dem schwarzen Häutchen aus weiter in das Gestein hinein verfolgen, etwa in Form eines calcitisch ausgeheilten Risses oder einer Ader. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, dass die ganze stylolithenähnliche Erscheinung im noch unverfestigten Gestein entstanden ist, im noch relativ weichen Schlamm, noch durchtränkt vom marinen Grundwasser. Es bilden wahrscheinlich die zahllosen zackigen Nähte die inneren Bewegungen ab, die das werdende Gestein am Meeresgrunde zur Zeit der Diagenese, zum Teil schon unter dem Einfluss überlagernder Schichten, erlitten hat. Im reinen Foraminiferen-Kalkschlamm haben diese Bewegungen keinerlei Spuren hinterlassen; wo aber ein toniges Häutchen eingeschaltet war, da wurde es zwischen den sich ineinander einkeilenden Kalk-Schlammpartikelchen verstellt und zerrissen."

In die Darstellung von Herrn Dr. Blumer füge ich noch hinein, dass nach meinen Beobachtungen die feinen schwarzen stylolithischen Nähte vorherrschend senkrecht zur Schichtfläche und sehr oft untereinander annähernd parallel verlaufen. Im oberen Biancone in der Breggiaschlucht bilden sie z. B. auf der Schichtfläche gegen Osten abweichend einen Winkel von 40° mit der Fallrichtung. Nur vereinzelte Nähte laufen in beliebig abweichenden Richtungen. Dr. Ernst Blumer fährt fort:

„Im Seewerkalk kommt es ausnahmsweise auch vor, dass die dort gewöhnlich flach-welligen, schwarzen Häute stylolithisch-zackig geworden sind. Dann erinnern sie ganz an die Suturflächen des Biancone; nur sind sie viel gröber. Diese stylolithischen Häute im Seewerkalk sind aber ein Produkt der Dynamometamorphose; sie fehlen dem tektonisch ungestörten Gestein [1]). Das längst verfestigte Gestein hat sich unter dem Einfluss des tangentialen Gebirgsdruckes wieder ähnlich plastisch verhalten wie beim Biancone der noch unverfestigte, bis zu einem gewissen Grad weiche Schlamm unter dem Druck wenig mächtiger überlagernder Schichten.

„In den zackigen Suturflächen des Seewerkalkes liegt ein Produkt der Dynamometamorphose vor; in denjenigen des Biancone, wie wohl auch in den bekannten Stylolithen unseres Muschelkalkes etc., ein Ergebnis der Diagenese. In allen Fällen aber handelt es sich um das Resultat von inneren Verstellungen der Gesteinsteilchen bei einem gewissen (nicht zu hohen) Grade von Plastizität, Verstellungen, die sich in der komplizierten Fläche primärer oder sekundärer Gesteinshäute abgebildet haben.

„Die Substanz der schwarzen Häute des Biancone unterscheidet sich im Dünnschliff, nach den hie und da erhaltenen Fetzen zu schliessen, kaum von der umgebenden Grundmasse; sie scheint nur etwas dunkler, wohl wegen des Ton- und Bitumengehaltes, ist aber gleich feinkörnig. Auch das ist anders als beim Seewerkalk, wo die Häute gelb bis braun gefärbt, mikrokristallin faserig erscheinen [2]) und sich aufs deutlichste von dem Nebengestein abheben.

„Die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung gehen also dahin:

„Im Biancone liegt ein ausserordentlich reiner Kalk, ein typisches Foraminiferengestein mit ausserordentlich einheitlicher Foraminiferenfauna vor. Vielleicht kommen daneben noch calcitisierte Radiolarien

[1]) Ernst Blumer, „Beiträge", Lief. XVI, pag. 579.
M. Jerosch, „Beiträge", Lief. XVI, pag. 237.
Arnold Heim. „Beiträge", Lief. XVI, pag. 497.

[2]) Vergl. Arnold Heim, „Beiträge", Lief. XVI, p. 471.

vor, deren Kieselsäure zur Zeit der Diagenese die Feuersteinknollen bildete. Fast die einzige Verunreinigung des nahezu schneeweissen, reinen Kalkes bilden feine, dunkle, stylolithische, tonige Häute, die durch ihre Form Zeugnis für die inneren Bewegungen ablegen, die das Gestein in der langen Periode der diagenetischen Verfestigung erlitten hat."

Ich habe den Biancone mit durchweg genau gleichem Charakter und in stets steilem Fallen verfolgt von Bena bei Mendrisio (überkippt in Fall ca. 75° NE) bis Avra, dann nach kurzer Bedeckung durch Moräne mit erratischen Granitblöcken erscheint er abermals nordwestlich von Loverciano mit Fall 85° SW. Die Gebäude von Loverciano stehen auf Biancone, und derselbe bildet eine starke Bergrippe bis unter den südlichen Teil von Castello S. Pietro. Dann fällt das Ausgehende hinab in die Breggiaschlucht und steigt östlich hinauf bis an die Strassenecke oberhalb Pelada, Fallen ca. 60° SW. Am Strassenkreuz südlich Morbio inferiore bei 313 m taucht der Biancone wieder unter der Bedeckung mit jüngeren Gebilden hervor und bildet einen langen gegen SSO ziehenden Rücken. Dann sehen wir ihn in voller Entwicklung und senkrecht gestellt den Hügel Al Sasso südlich am Bahnhof Chiasso bilden, und nun setzt er am Nordfuss des Monte Olimpino, wo ich ihn an vielen Stellen mit 80°, 83°, 85° Südfall wieder gefunden habe, durch bis südlich Como und zieht dann gegen Osten weiter. Auf dieser ganzen Strecke Chiasso-Como fehlt er im Blatt XXIV der $\frac{1}{100000}$ Karte. Sehr wahrscheinlich ist er am ganzen Südfuss der Alpen vom Lago Maggiore bis über den Lago die Lecco lückenlos vorhanden, nur hie und da oberflächlich bedeckt. Ich habe ihn selbst zusammen mit dem unterliegenden Radiolarit auch in genau gleicher Entwicklung z. B. wieder zwischen Solzago und Camnago östlich Como gesehen.

Der Biancone ist von Taramelli und andern für Neocomien gehalten worden. Nach den von Steinmann darin gefundenen Fossilien und nach der darinliegenden Calpionella muss er wohl eher noch als Tithon oder als Übergangsglied von Jura in Kreide angesehen werden.

8. Kreidemergel, Scaglia. Den Kontakt des Biancone mit den aufliegenden Schichten beobachtet man am besten zugänglich am Ufer der Breggia südlich unter Castello S. Pietro. Die Bianconeplatten fallen mit 65° nach SW. Ein Wasserfall stürzt über sie hinab. Vollständig konkordant legt sich hier ohne jede Spur einer zwischenliegenden Abwitterung oder überhaupt Transgression und ohne jeden allmählichen Übergang ganz plötzlich an den weissen Biancone ein bröckliger, dunkelblutroter bis schwarzbrauner oder

dunkelgrüner, feiner, homogener Mergel in zahlreichen, nur durch die Farben unterschiedenen Lagen an. Er misst 9 bis 10 m. Darüber folgt ein etwas festerer, schalig brechender, dünnschichtiger, homogener Mergel von in den einen Schichten weisslicher, in den andern damit rasch wechselnden zart pfirsichblütroter Farbe. Das Farbenbild erinnert an den Seewerkalk, wo rot und weiss wechsellagern (Zwinglipassregion, Säntis), die Beschaffenheit an den Seewermergel. Eigentliche Schichtfugen sind kaum da, nur der beständige Farbenwechsel zeichnet die Schichtung. Stetsfort fehlt ein tieferer petrographischer Wechsel, das Gestein bleibt in tausenden von durch die Farbe unterschiedenen Schichten stets derselbe homogene, schalig bröckelnde Mergel, ohne wesentlich kalkigere, ohne wesentlich kieseligere Zwischenschichten. Gegen SW folgen nach den ca. 20 m weiss und rosa ca. 30 m grünlichgrau, dann wieder ca. 50 m dunkelrot und dunkelgrün bis braun und fast schwarz, dann über 100 m graugrün und graugelb fast ohne rot, später, z. B. unterhalb der Ebene von Unter-Molini, an dem Vorsprung westlich unter Morbio inferiore, sowie bei der Zementfabrik bei der Brücke von Ghittel, wo die Scagliamergel zur Zementfabrikation verwendet werden, wieder viel rote Mergel mit grün und grau wechselnd. Es ist ein buntes Bild, das die Schichtung schon aus der Entfernung wundervoll zeichnet, obschon der wirkliche petrographische Wechsel eigentlich gering und grosse Komplexe chemisch ziemlich einheitlich sind. Wenig südlich von Ghittel sinken die jüngeren auflagernden Gebilde hinab, die Transgressionsfläche der oben abgehobelten, fast senkrechten Mergelschichten verschwindet unter dem Talboden.

Die Scagliamergel sind vom Biancone bis unterhalb Ghittel auf eine Mächtigkeit, quer zum Streichen gemessen, von 750 m in der Breggiaschlucht entblösst. Allein das ist nun sicher nicht ihre einfache Mächtigkeit, vielmehr sind auf dieser Strecke zwei Synklinalen und dazwischen eine Antiklinale mit sehr schöner Umbiegung zu sehen. Es handelt sich um drei- bis viermalige Repetition der gleichen Schichten, wenn es auch nicht gelingen will, eine einzelne Schicht durch das ganze Profil jeweilen sicher wieder als dieselbe zu erkennen. Die einfache Mächtigkeit der Scaglia wird immerhin 300 m übersteigen.

Im ganzen Komplex der Scaglia ist es mir nicht gelungen, bestimmbare Versteinerungen zu finden. Einige Schichten enthalten zerfetzte Algen. Nach den bisherigen Resultaten anderer Beobachter repräsentieren diese bunten Mergel hier ohne Facieswechsel die ganze Kreide vom Biancone bis zum Eocaen hinan. Für die Scaglia der Breggiaschlucht ist wiederum höchst auffallend, dass der petrographische

Schichtwechsel von Kalk und Ton nicht vorhanden ist, sondern auf den Bianconekalk plötzlich der enorme Mergelkomplex ohne jeden Rückfall in Kalkfacies folgt. Mikroskopisch geprüft zeigt sich die Scaglia der Breggiaschlucht als gleichmässiger, sehr feinkörniger kalkig-toniger Niederschlag. In überwiegender Grundmasse sind reichlich Foraminiferen aus den Gruppen der Globigerinen, Textulariden, Pulvinulinen, Rotalinen eingestreut. Ausserhalb der Breggiaschlucht trifft man die Scagliamergel noch von Vigna bis Gorla und sodann südlich neben dem Biancone von Chiasso bis über Como.

III. Die alpin aufgerichteten Gesteine im Gebiete von Chiasso ausserhalb der Breggiaschlucht.

Die nummulitischen Kalksteine und Conglomerate von Montorfano (östlich Como) sind in unserem Beobachtungsgebiete nicht vorhanden, dagegen:

9. Flysch. Im Profile der Breggiaschlucht südlich der Scagliamergel sinken die diskordant aufliegenden jüngeren Bildungen in den Talboden hinab. Der Flysch ist im Breggiaprofil nicht mehr zu sehen. Dagegen haben die ungefähr parallele Schlucht westlich Balerna zwischen Mercole und Mezzana, der Abhang südlich und östlich Coldrerio und noch am besten ein Bahneinschnitt westlich ausserhalb unseres Kartenrandes den Flysch entblösst. In diesem Bahneinschnitt stehen die Schichten unten senkrecht und SW—NE streichend, oben zu ca. 40° SE-fall umbiegend. Überall sind es Mergelschiefer mit zahlreichen dünnen Sandsteinbänken von Flyschcharakter. Am Bahneinschnitt haben die Mergelschieferbänke jeweilen ca. 0,5 m Dicke. Sie erscheinen an den Gehängen durch Auswitterung vertieft. Die Sandsteinbänke dazwischen bilden vorstehende Platten und Rippen von 0,02 bis 0,15 m Dicke. Mergel und Sandsteine enthalten viel weissen Glimmer in feinen Schüppchen. An der Unterseite der Sandsteinplatten findet man als erhabene Abgüsse in Masse ausgezeichnete Tierfährten, darunter nicht selten zweiseitig symmetrische sogenannte Zopfspuren, ferner fucoidenartige Wülste, Wellenfurchen etc. In einer nur wenige Centimeter dicken dichten Kalklage, die fest mit einem überliegenden Sandsteinbänklein verwachsen ist, fanden sich sehr schöne Flyschfucoiden in Menge, in dem calcitreichen Sandstein zwischen Quarz und Glimmersplittern eine Masse grosser Foraminiferen (Pulvinulinen, Textulariden). Das Gestein ist durchwegs ganz anders als die Scaglia und, auch ohne bestimmbare Petrefakten, als oberer Flysch zu bezeichnen, ununterscheidbar vom oberen Flysche nordalpiner Randzonen oder auch des Apennin.

In der Schlucht zwischen Mercole und Mezzano ist der Flysch in genau gleicher Art entwickelt und mächtig entblösst. Im unteren Teil der Bachrinne ob Gorla gibt es Flyschsandstein wechselnd mit roten Mergeln, der Grenzregion von Scaglia und Flysch angehörend.

Recht auffallend ist die Lagerung des Flysch. Am Eisenbahneinschnitt streicht er an vertikalen Schichten gemessen SW—NE so wie die Alpen weiter westlich oder nördlich. Etwa ein Kilometer östlich davon streicht er rechtwinklig dazu, d. i. NW—SE, das ist so, wie überhaupt von Mendrisio bis Como der Südrand der Alpen gebogen ist. In der Schlucht unter Mercole wechselt die Fallrichtung. Im oberen Teil ist sie den Alpen abgewendet, weiter unten liegen die Schichten horizontal und im untersten Teil der Schlucht beobachten wir 50° Fall gegen NE. Dazwischen sieht man einige scharfe Umbiegungen. Es handelt sich hier wohl um das seitliche Einquetschen des Flysch in die Einbuchtung, die hier der Alpensüdrand aufweist. Die Diluvialgebilde bedecken den Flysch weiter südlich. Dann folgt die alluviale Ebene. Im Profil südöstlich Chiasso scheint der obere, sandsteinige Flysch ganz zu fehlen, wahrscheinlich zieht er verborgen unter der Molasse weiter, die ihn transgressiv bedeckt.

Eine gedrängte, in den Mächtigkeiten enorm reduzierte Repetition des Profiles der Breggiaschlucht, zugleich mit südlicher Fortsetzung in noch jüngere Gebilde, treffen wir südlich Chiasso unmittelbar jenseits der Schweizergrenze am Abhang des Monte Olimpino und zwar besonders in den Steinbrüchen der grossen „Zementfabrik Ponte Chiasso“ und den hinterliegenden Schluchten. Es ist dies das in der SE-Ecke unserer kleinen Karte enthaltene Gebiet, dem die Profilcoulissenserie Taf. I, Fig. 2 nachskizziert ist.

Der Eisenbahntunnel, sowie ein Steinbruch der Fabrik liegen im 70° südlich fallenden grauen Lias, der von mächtigen Moränen bedeckt ist. Weiter südlich sind zur Zeit die Aufschlüsse nicht lückenlos. Am Nordrand des grossen hinteren Bianconebruches treffen wir, steil südlich fallend, fast senkrecht gestellt, rosafarbene fleckige Mergel mit weisslichen Kalkbänken ohne Hornstein, die einem hier viel schwächer als in der Breggiaschlucht entwickelten Ammonitico rosso (und Dogger?) entsprechen. Darauf folgen ca. 14 m rote Mergel ohne Hornstein und nun mit scharfer, welliger, verrutschter, ca. 75° SW fallender Grenze der Biancone, 12 m kompakt massig, dann nochmal so viel oder gar mehr, in bankiger Entwicklung und von Rutschflächen durchsetzt. Etwas weiter östlich, im kleineren (vorderen) zur Zeit nicht betriebenen Bianconebruch, treffen wir nördlich in vertikaler Stellung wieder die rötlichen Mergel mit weisslichen Kalken und rote Mergel. Nun finden wir aber im südlichen Teil des letzteren

auf wohl 10 m Mächtigkeit die roten Hornsteine in zahlreichen Bänken. Es ist der Radiolarit des Malm, der Aptychenschiefer.

Gegen den Biancone hin werden Mergel und Hornsteinbänke wellig zerknittert, und mit wellig zackiger Grenze greift der Biancone darüber und schneidet den Radiolarit nach oben ab. Das ist auch die Ursache, warum er im Profil des grösseren westlichen Steinbruches nicht zu sehen ist, er ist in der Tiefe abgeschürft zurückgeblieben.

In dieser Region der Steinbrüche bei Chiasso zeigt der Biancone ausser der blossen Aufrichtung noch weitere Spuren mechanischer Deformation. Er ist hier mehrfach verquetscht und von flach südlich fallenden Brüchen unter Verstellung der einzelnen Stücke durchscheert und in Glieder zerrissen, so dass seine Mächtigkeit horizontal gemessen von 50 m auf 7 m, vielleicht noch weniger, hinabfallen kann (Taf. I, Fig. 2). Die duktileren beidseitig sich anschliessenden anderen Gesteine schmiegen sich unter etwelcher welliger Zerknitterung dem gebrochenen Biancone an, der in treppenförmig geordneten Stücken in die Tiefe hinabsetzt. Im Biancone selbst findet man an den gequetschten Stellen prachtvolle Erscheinungen der Dynamometamorphose, wie Ausbildung schwarzer, toniger Gleithäute, Zerlegung in Gleitlinsen mit Rutschflächen, teilweise sogar etwas Marmorisierung, vollständig ähnlich dem gequetschten Seewerkalk am Häderenberg (Säntisgebirge) etc.

Südlich — gerade so unvermittelt wie in der Breggiaschlucht, schliessen sich die dunkelroten, grünen, schwarzen und dann die gelbgrauen Scagliamergel an, alles senkrecht oder steil südlich fallend. Der Steinbruchbetrieb hat im Sommer 1905 hinter dem Biancone in der Scaglia noch ein altes mit Moränen eingedecktes Tälchen sichtbar gemacht. Das letztere ist auch durch einen Stollen in der Basis des vorderen kleinen Bianconebruches angestochen worden, und es entfliesst demselben eine kleine Quelle.

Die Gesamtmächtigkeit der Mergel und Tonmergel vom Biancone im Norden bis an die Nagelfluh des Monte Olimpino im Süden beträgt im Gebiet der Steinbrüche der Zementfabrik von Ponte Chiasso etwa 100 m. Im südlichen Teil dieser Zone befindet sich der grosse Tonmergelbruch der Fabrik. Die Mergel sind toniger und schiefriger als im nördlichen Teil; sie enthalten feinst zerteilten weissen Glimmer, in manchen Stücken sieht man kleine dunkle Punkte, erinnernd an die Körnchenschiefer der nordalpinen Randzonen. Die bunte Färbung der Schichten ist einer einheitlich gelbgrauen gewichen. Diese Tonmergel haben wir weiter westlich nirgends entblösst getroffen. Hier und gegen Como sind sie früher mit Pliocaen verwechselt worden, weil

man ihre Überlagerung durch Molasse für Verwerfung angesehen hatte.

Ob diese 100 m die normale oder eine zusammengequetschte Mächtigkeit der Scaglia und des Flysches repräsentieren, ob darin eine Grenze zwischen Kreide und Eocaen zu suchen ist, oder ob vielleicht das Eocaen mit Nummuliten und Flysch in der Tiefe etwas südlicher von der Nagelfluh überlagert sich findet, bleibt zunächst offene Frage. Der schön aufgeschlossene Kontakt zeigt keine mechanischen Erscheinungen der Überschiebung, er sieht vielmehr nach transgressiver Überlagerung aus. Jedenfalls liegt in diesem Profile die Scaglia nicht mehr durch Faltung multipliziert, wie in der Breggiaschlucht, und der obere, sandsteinreiche Flysch des westlichen Gebietes fehlt hier vollständig, er ist offenbar schief gegen SE streichend unter die Molasse getaucht. Auch hier habe ich keine bestimmbaren Fossilien im Mergel oder Tonmergel gefunden.

10. Molasse. Im Hintergrund der Bachschlucht hinter dem Tonmergelbruch kommt ein prachtvoller Aufschluss des Kontaktes gegen die Nagelfluh. Die Tonmergel fallen mit 80° gegen S. Dass dies nicht Clivage, sondern Schichtung ist, geht aus dem ununterbrochenen Parallelismus mit den farbig gezeichneten nördlicheren Schichten und dem Biancone hervor. Die Mergelbänke schneiden oben scharf spitzwinklig ab an der Untergrenze der hangenden Nagelfluh, die hier annähernd gleich streicht, aber bloss 55° bis 60° SSW fällt. Die Schichtung in der Nagelfluh selbst ist sehr deutlich. Sie ist steiler als die Untergrenzfläche, sie fällt 70° SSW.

Es ist festzustellen, dass zwar der Flysch um einige bis zu höchstens 20° steiler steht, als die Molasse, und die Molasse an einer Abwitterungsfläche des Flysch transgressiv aufgelagert ist, dass aber dieser Differenzwinkel klein ist im Vergleich zur gesamten Aufrichtung der Molasse. Die Nagelfluh bildet in ihren steil aufgerichteten, mit Sandsteinlagen oft abwechselnden Schichten einen Komplex von mehreren 100 m Mächtigkeit. Bis zur Zeit besitzen wir keine genauere Untersuchung dieser Nagelfluh in Beziehung auf ihre Geröllezusammensetzung. Sie ist polygen, enthält zu mehr als $^9/_{10}$ krystalline Silicatgerölle, sie ist reich an Quarziten, an Dioriten, Amphiboliten, Gneissen. Viele der Gesteine erinnern an die Gebirge westlich des oberen Langensee. Nur selten findet man ein Kalkgeröll. Ich fand hinter dem Tonmergelbruch ein ca. faustgrosses Gerölle von Eocaenkalk vom Typus des Montorfano. Die Nagelfluh erinnert ganz an den Alpennordrand. Die Sandsteinkomplexe nehmen mit der Entfernung von den Alpen zu, die Conglomerate ab. In den Sandsteinen trifft man aber hie und da ganz unvermittelt grosse bis 1 m Durch-

messer haltende einzelne Gerölle von Diorit, Syenit, Quarzit und Granit. Solche sind bei Trévano und Uggiate und besonders schön bei Camerlata, wo vereinzelte Blöcke im grünlichgrauen, massigen, dickbankigen Sandstein über 1 m Durchmesser haben, zu sehen. Mit der Entfernung von den Alpen nimmt auch das südliche Wegfallen von den Alpen ab. Bei Camerlata ist es noch 52°, bei Uggiate und Trévano, d. i. ca. 3 km vom Nordrand der Molasse weg, beträgt es nur noch 30 bis 35° nach Süden; bald taucht die Molasse ganz unter Diluvium und Alluvium.

Die Molasse vom Alpensüdrand ist bisher fast immer als Miocaen angesehen worden. C. Schmidt hat auf die Ähnlichkeit mit eocänen Schichten hingewiesen, die bei Varese und in der Brianza konkordant auf den Nummuliten liegen [1]). Meine Beobachtungen haben ergeben, dass zwischen der Molassezone des Monte Olimpino und der Scaglia bei Balerna der obere Flysch in breiter Masse liegt. Es kann also die Molasse kaum älter als Oligocaen sein.

Wenn wir den Verlauf des Biancone von Castel S. Pietro bis südlich Chiasso und denjenigen der Molasse des Monte Olimpino miteinander vergleichen, so springt die grosse Differenz im Streichen in die Augen. Sie beträgt mit der Boussole gemessen volle 45°. Der weite Keil ist im Westen zwischen Castello S. Pietro und Resegaccia auf fast 3 km Breite gefüllt mit gefalteter Scaglia und gefaltetem Flysch, von denen im Profil bei der Zementfabrik Ponte Chiasso nur noch ca. 100 m an die Oberfläche treten. Die Molasse macht die sonderbare Schwankung im alpinen Streichen zwischen Mendrisio und Como eben nur in sehr abgeschwächter Art mit. Nicht nur in der Auflagerung der Molasse im Profil zeigt sich ein transgressives Übergreifen der Molasse über Eocaen; dieses ist noch deutlicher ausgesprochen in der abweichenden Streichrichtung, die im Einzelprofil nicht zu sehen, wohl aber im Gesamtverlauf sehr auffallend ist. Die mächtige Flyschzone im Westen unseres Kartenblättchens keilt gegen Osten oberflächlich aus, indem offenbar der Flysch abfaltet und zugleich unter die transgredierende Molasse taucht.

Wer in diesen Molasseregionen herumsteigt, ist erstaunt über die grosse Analogie in der landschaftlichen Erscheinung mit der Molasse des Nordrandes. Freilich fehlen merkwürdigerweise die Kalknagelfluhen. Ich habe hier den Namen Molasse im Sinne der faciellen Gleichheit gebraucht.

Die Aussage von C. Schmidt (Eclogae geol. Bd. 2, p. 31), „auf der Strecke von Chiasso nach Como treten die steil aufgerichteten

[1]) Eclog. geol. Helv. Bd. II (1890/92) p. 31.

Nagelfluhbänke längs einer Verwerfung in Berührung mit den Kalken des unteren Lias", beruht vermutlich nicht auf eigener Beobachtung, sondern ist nur der geolog. Karte 1 : 100,000 entnommen, wo eben irrtümlicherweise das ganze Profil von Taf. I, Fig. 2 (über grauem Lias: Ammonitico rosso, Malmhornsteinschichten, Biancone, Scaglia und wahrscheinlich eocaene Mergel bis zur hangenden Nagelfluh) weggelassen und dafür ein Streifen Pliocaen eingezeichnet ist. In der Tat läuft das genannte Schichtprofil regelmässig mit nur lokalen Quetschungen von Chiasso bis Como und das Pliocaen existiert nicht, Scaglia und Flyschmergel sind dafür gehalten worden. Tatsächlich fallen hier alle Schichten vom Lias bis und mit der Molasse beinahe konkordant steil von den Alpen ab und ausser wenigen Graden durch ursprüngliche Anlagerung bedingter Falldifferenz zwischen den Mergeln der Scaglia-Flyschzone und der Molasse ist keine Discordanz und auch keine Verwerfung zu finden. Die ganze gewaltige Schichtenreihe vom Verrucano bis und mit der Molasse hat eine einzige, gleichzeitige, harmonische Aufrichtung aus ursprünglich flacher Lagerung nach Absatz der Molasse erfahren.

IV. Facieller Vergleich der Sedimente vom Nordabhang und Südrand der Alpen.

Die Schichtreihe der Breggiaschlucht und selbstverständlich des Alpensüdrandes überhaupt weist grosse Unterschiede in der Ausbildung der einzelnen Glieder gegenüber den Schichtreihen in den nördlichen schweizerischen Kalkalpenzonen auf. Wir stellen dieselben in den Hauptzügen, besonders vergleichend zwischen Chiasso und Linthgebiet, zusammen.

Die Facieserscheinungen mancher zwischenliegenden Decken und besonders der sogenannten Klippen, die eine Mittelstellung zwischen Südrand und Nordabdachung einnehmen, sollen dabei noch grösstenteils unberücksichtigt bleiben, teils weil es eine grosse Untersuchung für sich bedeuten würde, diese alle in ihren Erscheinungen in diesen Gedankengang einzuordnen, teils weil eben eine ganze Anzahl von bezüglichen Untersuchungen durch verschiedene Forscher im Gange sind, und wir diesen wichtigen eingehenderen Untersuchungen nicht vorgreifen können.

Trias. Autochton in der Tödigruppe: Quarzit, Röthidolomit, Quartenschiefer, alle ohne Fossilien, Gesamtmächtigkeit 30 bis 40 m.

Sogenannte ostalpine Facies im Gebiete des Luganersees, etc.: mächtig entwickelter mariner Keuper.

Lias. Autochton in der Tödigruppe: fehlt fast oder ganz.

Glarnerdecken: Belemnitenquarzite, Cardinienschichten, Arkosen. bis einige hundert Meter stark, zunehmend gegen Süden.

Bündnerschiefergebiet: Vorherrschend tonschieferige Facies mit vielen kalkigen Einlagerungen, wohl über 1000 m Mächtigkeit.

Gebiet von Chiasso: Kalksteine und kieselige Kalksteine mit Hornsteinen (Spongite), im ganzen über 2000 m Mächtigkeit, an der Basis und in der Decke rote Kalksteine und Mergel (Ammonitico rosso).

Bei der Trias wie beim Lias zeigt sich also sehr deutlich eine gewaltige Zunahme mit der mehr südlicheren Herkunft nicht nur nach Mächtigkeit, auch nach Meertiefe.

Dogger. Autochton in der Tödigruppe: Unterer Dogger bis und mit Parkinsonischichten gut entwickelt. Eisensandsteine und Tonschiefer, Echinodermenbreccien und Eisenoolith; oberer Dogger fehlt.

Glarnerdecken, Faulhorngruppe etc.: Unterer Dogger zunehmend, gegen SW mehr und mehr in Tonschieferfacies übergehend und mit dem Bündnerschiefer verschmelzend (Gemmi).

Gebiet von Chiasso: Dogger tiefmeerisch entwickelt, noch keine Gliederung, keine Abtrennung nach unten und oben möglich, wegen Fossilarmut.

Malm. Autochton Tödigruppe: Oxfordien fehlt, Aargovien (Schiltkalk) als fossilreiche Schwammbanktransgression auf Parkinsoni Eisenoolith, darüber Hochgebirgskalk, bis 600 m dichter Kalkstein, oft mit Kieselkonkretionen, zu oberst etwas Thiton, teils in mergelige, teils in corallogene Facies übergehend.

Glarnerdecken: Wie Tödi, aber Thitonstufe viel mächtiger sich entwickelnd.

Gebiet von Chiasso: Malm als Radiolarit, rote Tone und Mergel mit viel, oft vorherrschendem Hornstein, Mächtigkeit auf ca. 40 m zusammengeschwunden, Grenze zwischen Radiolarit und aufliegendem Biancone liegt noch innerhalb des Thiton, Gesamtmächtigkeit des Malm am Südrande der Alpen höchstens 90 m.

Der Malm ist schon im Jura mächtig. In der Tödigruppe, überhaupt am Nordrand des Aarmassives, ist er einförmig tiefmeerisch geworden, aber noch kalkig geblieben. Von weiter südlicherer Herkunft (Klippenregion) nimmt die kalkige Ausbildung ab, die Hornsteine nehmen zu, und am Südrand der Alpen ist er auf 30 bis 50 m in Radiolarit und etwas Biancone zusammengeschmolzen. Die Ausbildungsform, die dem tiefsten Meer entspricht, ist am wenigsten mächtig.

Grenze zwischen Jura und Kreide, Kreide.

Östliches Juragebirge: Lücke, Festlandszeit mit Abwitterung.

Tödigruppe autochthon nördlicher Teil: Auf Malm transgredieren parallel die Nummulitenkalke, Kreide fehlt.

Tödigruppe südlicher Teil (Calfeusen, Bargis, Kistenpass, Glaridengrat): Kreide unterscheidbar in Neocom, Schrattenkalk, Gault, Seewerkalk mit insgesamt 10 bis 30 m Mächtigkeit, bedeckt von Nummulina complanata.

Glarnerdecken: Grosse Entwicklung der Kreide auf 400 bis 1000 m, reich an Fossilien, reich an Gliederung.

Klippenregion: Kreide verkümmert wieder mehr und mehr, viel rote Tonfacies (couches rouges).

Gegend von Chiasso: Kreide einschliesslich oberster Jura sind durch 50 bis 100 m Bianconekalk verbunden — ganze übrige Kreide durch petrefaktenarme, mächtige Scagliamergel vertreten; die ausgezeichneten Faciestypen der Glarnerdecken (Valangienoolith Kieselkalk, Altmannschichten, Schrattenkalk, Grünsand, Seewerkalk) sind schon in den Klippen nicht mehr vorhanden.

Die Kreide fehlt also im NE, nimmt dann gegen S mächtig zu; sie mag am reichsten gegliedert gewesen sein über der Zentralzone der Alpen, noch weiter südlich wird sie tiefmeerischer, einförmiger.

Eocaen, autochthon in der Tödigruppe: unter den Glarnerdecken enorm mächtig, Nummulitenkalke und Grünsande, Flysch-Ton- und Mergelschiefer, Quarzite, Taveyanazsandsteine, zusammen weit über 1000 m.

Glarnerdecken: ähnlich, aber keine Taveyanazsandsteine mehr.

Gegend von Chiasso: Mergel und Ton mit Sandsteinschichtchen. Flysch ganz wie in den Glarnerdecken, Nummulitengesteine weiter westlich und östlich.

Molasse (Oligocaen? Miocaen?).

Nordalpenrand wie Südalpenrand Conglomerate und Sandsteine, am Nordrand wohl dreimal mächtiger entwickelt, als am Südrand.

Seitdem Früh zuerst gewagt hat, am Südfuss der Alpen die Muttergesteine mancher Gerölle der randlichen nordalpinen Nagelfluh (Tertiärconglomerate) zu suchen, haben wir bei jeder Wanderung am Südabhang der Alpen auch diese Frage im Auge. Inwieweit nun die miocaenen Ströme die Gerölle vom Südrand der Alpen gespült, oder die Muttergesteine als Klippendecke und als ostalpine Überfaltungsdecke zuerst ein Stück der Fahrt gemacht und dann erst abgespült und als Miocaendelta im Speer, Rigi, Napf etc. abgesetzt worden seien, ist noch näher zu untersuchen. Wir können abermals konstatieren, was schon oft beachtet worden ist:

Die Nagelfluh am Nordrande der Alpen enthält:

Nicht selten Gerölle des unteren roten Lias, des Marmo d'Arzo.

Massenhaft Gerölle von schwarzem Hornstein (Lydit) und dunkelgrauem kieseligem Kalk, makroskopisch und mikroskopisch ununterscheidbar vom dunkelgrauen Lias der Monte-Generoso-Gruppe.

Massenhaft Gerölle ununterscheidbar vom oberen hellen Liaskalk der Breggiaschlucht. Die Häufigkeit dieser Gesteine in der Nagelfluh ist uns letzthin besonders in der Umgebung von Lichtensteig und Brunnadern aufgefallen — es sind die gleichen Gesteine, die wir demnächst auch als Gerölle im Pontegana-Conglomerat kennen lernen werden. Darunter sind wohl auch in der Nagelfluh sehr viele Gerölle vom blaugrauen Liaskalk stammend, aber durch Verwitterung gelbgrau entfärbt. Zusammensetzung und Struktur sind die gleichen.

Hie und da Gerölle hell rosaroter, etwas mergeliger Kalke — entsprechend den festeren Bänken des Ammonitico rosso.

Massenhaft Gerölle des roten Hornsteines, (Malm-Radiolarit) ununterscheidbar von den Radiolariten der Breggiaschlucht und den Geröllen in der Breggia.

Biancone erinnere ich mich nicht, in der Nagelfluh gesehen zu haben, Scaglia ist nicht befähigt, als Geröll auf einige Distanz zu wandern.

Wer in den Nagelfluhgebieten des nördlichen Alpenrandes herumgestiegen und Gerölle angeschlagen hat, und nachher in die Umgebung von Chiasso geht, dem drängt sich das Bewusstsein mächtig auf, dass er hier in der Heimat eines grossen Teiles der Nagelfluhgerölle weilt.

V. Gesteine jünger als die alpine Aufrichtung.

Die bisher in der Reihe ihrer Altersfolge besprochenen aufgerichteten Gesteine der Umgebung von Chiasso sinken alle tief südlich in den Boden hinab, steigen nördlich auf und endigen hier in abgewitterten Schichtenköpfen. Diese Abwitterung ist selbstverständlich jünger als die Aufrichtung, erst durch sie sind uns diese früher tief bedeckten Schichten zugänglich gemacht worden. Auf den Schichtenköpfen liegen in meist flachen Schichten jüngere Gebilde. Sie sind nicht mehr wesentlich verstellt, sie liegen noch so, wie sie abgesetzt worden sind. Vielleicht sind sie als Ganzes noch etwas gehoben oder gesunken, aber in ihrer Schichtneigung nicht merkbar verstellt. Diese Ablagerungen alle sind somit jünger als die Aufstauung der Alpen. Wir besprechen dieselben in ihrer Altersfolge.

11. Pliocaentone und Sande.

Dünn geschichtete grünlichgraue bis gelbe Tone und sandige Tone bis Sande, flach gelagert, enthaltend Blätter und marine Conchylien. Diese Pliocaenschichten und ihre Einschlüsse sind längst bekannt von der NE-Seite von Pontegana, von Folla d'Induno und einigen andern Stellen und sind vielfach beschrieben worden. Die Blätter sind eingeschwemmte Landpflanzen, die Bildung entspricht einer Ablagerung in seichten Uferbuchten. Ich wiederhole hier nicht die Listen der Fossilien und auch nicht was darüber geschrieben worden ist[1]).

Mayer-Eymar stellt auf Grundlage der marinen Conchylien den Pliocaenton von Pontegana etc. zum unteren Astien, also ins mittlere oder untere, jedenfalls nicht in das obere Pliocaen. Wir setzen in der Folge stets diese Bestimmung als richtig und massgebend voraus. Wir selbst haben bei Pontegana gefunden (Bestimmungen durch Prof. Mayer-Eymar und Prof. C. Schröter):

Amussium cristatum, Bronn (Pecten)	Blätter von:
Nucula placentina, Lam.,	Ficus lanceolata Hr.
Yoldia pernula, Müller,	Quercus sp?

Ferner westlich unter S. Antonio im Einschnitt des Roncagliabaches (westlich unseres Kartenblattes) Pecten dubius und Ostraea cochlear.

Ich habe die Vorkommnisse des marinen Pliocaentones nur für die Umgebung von Chiasso noch genauer anzugeben:

Die ausgedehntesten Entblössungen im Pliocaenton und Sand finden wir dicht westlich ausserhalb der Grenze unseres Kartenblattes, an den beidseitigen Steilgehängen des Tales des Roncagliabaches von der Stelle an, wo der Fussweg von S. Antonio nach Castel di sotto mit kleiner Brücke den Fluss übersetzt hinauf bis an die Strassenbrücke oberhalb Molino del Re. Oberhalb läuft der Fluss in diluvialen Gesteinen, unterhalb ebenso. Dazwischen bildet das Tal ein postglaciales Erosions-Fenster im bedeckenden Diluvium und es erscheint darin der pliocaene sandige Ton. Stets ist er nur im unteren Teil der Steilborde vorhanden, der obere Rand ist diluvial. Die Auflagerungsfläche von den ausgezeichneten Grundmoränen und Bändertonen und den verschwemmten Moränen („Ceppo", fluvioglaciale Schotter) auf dem Pliocaen ist eine unebene Erosionsfläche, sie ist meistens ganz scharf ohne Mischung. Bald gehen die Moränen

[1]) Stoppani, il mare glaciale . . Rivist. Ital. 1874. Rütimeyer, über Pliocaen und Eisperiode beiderseits der Alpen 1876. Ch. Mayer, la verité sur la mer glaciale au pied des Alpes, Bull. Soc. geol. de France 3 ser. t. IV. p. 199, 1876. Sordelli, atti soc. ital. Sc. nat. XXI. 1878. Taramelli, „Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz XVII. 1866 p. 203.

an den Steilborden des 30—50 m tief eingeschnittenen Tales tiefer hinab, bald steigt das Pliocaen höher hinauf. Südlich Molino Purdenza fand ich die Grenze am höchsten bei ca. 280 m, das ist ca. 15 m über dem Bach. Dort ragt von unten, im grauen Pliocaen drin steckend, ein eigentümlicher Kegel, anscheinend von verwittertem gelbgrünem Molassesandstein, wie eine Klippe auf. Er mag aber auch zum Pliocaen gehören. Die Entblössungen ändern hier manchmal von einem Jahr auf das andere durch frische Abrutschungen wechselnd mit Wiederbewachsung.

Die zweite Fundstelle des fossilführenden Pliocaentones ist die NW-Seite des Hügels von Pontegana Taf. I, Fig. 3. Auf ungefähr 120 m Länge wird der Fuss des Hügels von einer Terrasse gebildet, die ganz eben ca. 8 m über der Breggia liegt. Am Fusse des Steilbordes der Terrasse läuft ein Kanal von Breggiawasser. Von Chiasso kommend verlassen wir schon etwas vor Punkt 254 die Strasse und wenden uns rechts und dann dem Kanal entlang aufwärts unter dem Terrassenrande weiter. Zuerst treffen wir auf Moräne und dann auf verkitteten fluvioglacialen Kies (Ceppo), die das ganze Steilbord unter der Terrasse bilden. In einer Einbuchtung erscheint eine Quelle. Etwas weiter nördlich zeigt sich nur noch der obere Terrassenrand auf 1 bis 4 m stetsfort als Diluvialkies, der untere Teil unter der unregelmässigen, bald steigenden, bald fallenden Grenze aber ist pliocaener Ton und Sandton. Die Schichten fallen mit wenigen Graden gegen Süd, höchstes Niveau ca. 255 m. Hier, wo aus der Verwachsung einige Stellen unter dem Ceppo herausgebrochen sind, lässt sich suchen und sammeln. Die marinen Conchylien sind äusserst zart und zerbrechlich. Das ist die schon von vielen Geologen besuchte Stelle.

Ganz so wie im Roncagliatal findet man auch an dem Terrassenabsturz des Ponteganahügels hie und da ein vereinzeltes ganz verwittertes kleines (Kirsch- bis Nussgrosses) granitisches Geröll im pliocaenen Sandton eingeschlossen, das beim Herausnehmen zerfällt. Niemals enthält das Pliocaen geschrammte Geschiebe.

Eine dritte Stelle mit Pliocaentonen und kalkigen Sanden ist das Bord des Raggiobaches am Nordfuss des Ceredahügels. Dort haben die Schichten gleiche Lage und Beschaffenheit wie bei Pontegana im nordwestlichen Teil. Die schiefe Lage, 25° Fall gegen NE, ist allem Anscheine nach primärer Absatz, Abspülung von dem nachher zu erwähnenden Pliocaenconglomerat, und sie geht zusammen mit petrographischer Annäherung an das letztere.

Andere Stellen mit fossilführendem marinem Pliocaensandton habe ich im Gebiete unseres Kartenblättchens nicht gefunden.

12. Das Pontegana-Conglomerat.

In Verfolgung des marinen Pliocaentones von Pontegana der Breggia entlang aufwärts gegen NW beobachten wir, dass das S bis SE gerichtete, als ursprünglich angenommene Gefälle der Pliocaenschichten auf einmal sichtlich zunimmt. Unter den dunkel grüngrauen Sandmergeln folgen fein geblätterte mehr gelbliche Tone, dann gelbe, kalkige dünne Schichtplatten mit Wellenfurchen, darunter wieder grauer Sandton und abermals gelbe, dünnplattige, festere, kalksandige und wieder graue, tonige Lagen in mehrfachem Wechsel. Unterdessen sind aus 5° und 10° Schichtneigung 15° geworden und 10 m weiter stehen die Pliocaenmergel mit 60° und endlich schmiegen sie sich senkrecht an ein erstaunliches neues Gebilde an (Taf. I, Fig. 3). Die Berührungsstelle ist nur bei niedrigem Wasserstande sichtbar. Die Breggia bespült sie. In mächtigem, hellgelbem Felsen steigt vor uns ein unregelmässiges, grobblockiges, manchmal mehr brecciöses Conglomerat auf. Wir wollen es, da es die ganze ca. 30 m hohe Nordwand des Ponteganahügels bildet, das Pontegana-Conglomerat nennen. Dasselbe ist in der Literatur, soweit ich suchen konnte, nirgends genannt, niemals näher geprüft und wahrscheinlich bisher immer mit den diluvialen Conglomeraten zusammengenommen worden.

Ich nehme die wichtigsten Beobachtungen voran, welche uns über das Alter des Pontegana-Conglomerates Aufschluss geben können:

a) Es mischt sich mit dem Pliocaenton. An der Stelle, wo wir es soeben zuerst getroffen haben, handelt es sich offenbar um eine lokale Stauung, ein Aufpressen des noch ganz weichen Tones durch die Last der ins Meer vorrückenden groben Schuttbildung. Streifen von Pliocaenton greifen in das Conglomerat hinein, sind stellenweise noch zwischen seinen Blöcken zu finden. Ungefähr in der Mitte vom Nordabsturz von Pontegana gibt es Streifen von Pliocaentonsand ganz im Conglomerat eingeschlossen, an andern Stellen solche oben im Dach des Conglomerates. Anderwärts greift das Conglomerat über die marinen Pliocaenschichten (z. B. am Nordrand des Hügels von Cereda am Raggiobach). In der Hauptsache stösst der marine Pliocaenton am Conglomerat ab. Dabei wird er aber auch mit Annäherung an das Conglomerat mehr und mehr gelb und kalkreich, so dass einzelne Platten zwischen Pliocaenton dem ausgeschwemmten Bindemittel des Conglomerates gleich sind. Es handelt sich um gleichzeitige Ablagerungen verschiedener Facies: tonig sandiger Niederschlag in einer Meerbucht, grobes Conglomerat einer in die Bucht mündenden Gebirgsschlucht.

b) Das Pontegana-Conglomerat hat in seinen südlichen Teilen unregelmässig wechselvolle Schichtlage, weiter nördlich ist es deutlich

horizontal geschichtet und seine ganze Masse bildet eine flache, gegen Süden abfallende Platte, die wir in NS-Richtung auf 2 km Distanz mit im Mittel 5% Gefälle verfolgen können. Es liegt flach transgredierend den abgewitterten Schichtenköpfen des Lias, der Scaglia und des Flysch auf und ist selbst somit jünger als die grosse alpine Aufrichtung der Schichten.

c) Das Pontegana-Conglomerat besteht fast ausschliesslich aus hellgelben Kalktrümmern, während die Diluvialablagerungen durch das Vorherrschen der dunkelblaugrauen Liastrümmer und vieler krystalliner Gesteine ein ganz anderes Bild bieten. Das Pontegana-Conglomerat ist keine Moräne, keine fluvioglaciale Ablagerung und mischt sich nirgends mit glacialen Gebilden.

d) Das Pontegana-Conglomerat wird meistens mit scharfer Grenze überdeckt von Grundmoräne, hie und da von Ceppo. Es erweist sich stets als *älter* als die Glacialablagerungen dieser Gegend, von denen es sehr leicht zu unterscheiden ist.

Das Pontegana-Conglomerat ist somit *pliocaen*, und in dieser Gegend jedenfalls *voreiszeitlich*. Nirgends fand ich Moränen darunter.

Es mag ja sein, dass die Deckenschottervergletscherung am Südfuss der Alpen noch nicht als Vergletscherung sich geltend machte, und man könnte denken, dass das Pontegana-Conglomerat zeitlich dem Deckenschotter entspräche. Allein die Verknüpfung mit dem marinen Pliocaen ist doch derart, dass wir nur dann an Deckenschotteralter denken könnten, wenn wir überhaupt die Deckenschottervergletscherung dem älteren Pliocaen zuweisen könnten. Mir ist am wahrscheinlichsten, das Pontegana-Conglomerat sei mittel- oder unterpliocaen und älter als die sämtlichen Vergletscherungen.

Das Pontegana-Conglomerat ist hie und da diagonal in wechselvoller Lage geschichtet. An der Nordwand von Pontegana fallen die Schichten oben nach NW, darunter liegen sie flach. Oft ist wenig Schichtung sichtbar, meistens ist sie ganz flach. Blöcke, Gerölle, Splitter aller Dimensionen bis über 1 m Durchmesser, manchmal gut gerundet, manchmal noch eckig, liegen regellos durcheinander, gemischt mit feinerem Material. Manchmal herrscht die Grundmasse vor, sodass sich die Blöcke und Gerölle nicht berühren. Hie und da stossen wir auf Streifen körniger Grundmasse ohne Trümmer, hie und da wieder berühren sich die Trümmer und lassen sogar Hohlräume zwischen sich. An solchen Stellen findet man nicht selten das Phänomen der „Eindrücke“ ganz so wie in der Juranagelfluh und vielen ungestörten wie dislociert gelagerten Nagelfluhen am Nordrand der Alpen. An der Druckstelle ist im flacheren Ge-

schiebe eine Lösungsvertiefung entstanden, in welche das schärfer gekrümmte berührende Geschiebe hineingreift. Auch gespaltene Gerölle wurden gefunden, dagegen keine hohlen.

Die Grundmasse des Pontegana-Conglomerates besteht aus dem gleichen, nur fein zerriebenen und calcitisch verkitteten, hellgelben Material, wie die Trümmer. Wohl 99% der Trümmer des Pontegana-Conglomerates sind feinkörnige, hellgelbe Kalksteine, hie und da Hornstein einschliessend. Nur sehr wenige Gerölle des Pontegana-Conglomerates sind abweichender Art. Ich fand einige ziemlich blaugraue und auch braune Hornsteinstücke, einige stark verwitterte gneissartige und granitische Blöcke, einige Flyschsandsteine, einen roten Radiolarithornstein als seltene Ausnahmen. Auf die ganze Erstreckung, auf welche ich dieses Gebilde finden konnte, bleibt es sich ziemlich gleich. Im besonderen könnte ich durchaus nicht sagen, dass die Trümmergrösse sich in bestimmter Richtung wesentlich ändern würde. Die Rundung und Ordnung der Trümmer ist für Spülung durch fliessendes Wasser viel zu unvollkommen. Fast könnte man an den Trümmerstrom eines in einen Fjord hinabbrechenden Bergsturzes oder an einen gewaltigen Muhrgang, am ehesten an Verarbeitung von Bergsturzmaterial oder Wildbachtrümmer in der Brandung denken.

Im grossen ganzen ist das Pontegana-Conglomerat, in einem Streifen von N nach S sich erstreckend, in eine Vertiefung der älteren Grundlage eingelagert, die sich besonders im nördlichen Teile sehr schön als ein schmales altes Tal erzeigt, das vom Pontegana-Conglomerat ausgefüllt, von Diluvium überdeckt ist, und vom jetzigen Tallaufe mehrfach abweicht.

Durch seine Zusammensetzung, geringe Ordnung und Schichtung, Reichtum in feinbrecciösem Zwischenmaterial etc. und dadurch, dass unten das Pontegana-Conglomerat in die marinen Ablagerungen eingreift, stellt es sich, wenigstens im südlichen Teil, als eine Art Fjordausfüllung dar. Das jetzige Tal der Breggia fällt nicht zusammen mit dem Conglomerattal, oder dem pliocaenen Fjord. Östlich von Castello S. Pietro wird das alte Tal vom neuen durchquert und beiderseits sieht man den mit Pontegana-Conglomerat erfüllten 100 bis 150 m breiten Querschnitt des pliocaenen Tales. Der gewaltige Cañon der Breggia durch Radiolarit und Biancone weicht vom pliocaenen Tallauf westlich ab und ist epigenetisch postglacial. Weiter unten berührt das neue Tal den Pliocaenfjord derart, dass die rechte Talseite auf fast 1 km Länge aus Scaglia, die linke aus Pontegana-Conglomerat bis unter die Flusssohle gebildet wird. Auch der kleine Breggiabogen bei Ghittel kehrt sich ganz ins ältere Gestein, aus dem

Pliocaental westlich hinaus; das Pontegana-Conglomerat bleibt östlich. Von Ghittel abwärts steht es wieder überall im Breggiabachbett an. Im Ponteganahügel fällt es mit seinen Schichten gegen NW, mit seiner Oberfläche aber steil südlich ab und ist dort von Diluvium überkleistert. Wir finden also das Pontegana-Conglomerat noch an folgen den Stellen entblösst: (Vergl. stets Karte und Taf. I, Fig. 1.)

1) Östlich Castello S. Pietro unter der Strasse bis an die untere Strassenkehre oberhalb der Breggiabrücke. Es reicht hier nicht bis in den jetzigen Talboden hinab. Das Pliocaental war dort ca. 20 m weniger tief, als die Breggia jetzt fliesst. Das Pontegana-Conglomerat ist hier auf ca. 200 m Breite und 30 bis 40 m Mächtigkeit entblösst. Rechtsseitig ist hier noch eine besondere Eigentümlichkeit zu beobachten. Der Boden des Pliocaentales wird hier von den Schichtköpfen des Ammonitico rosso gebildet. Er ist erst 6 m hoch mit grauen, groben Geröllen und mit einem kleinen Bergsturz aus grossen roten Blöcken aufgeschüttet, und erst über diesem Trümmermaterial folgt, dort ca. 25 m mächtig, das Pontegana-Conglomerat. Wir fragten uns, ob vielleicht hier noch eine ältere Moräne unter dem Pontegana-Conglomerate liege. Allein es gelang nicht, die Stelle von unten zu erklettern. Ein an einem Seile von oben heruntergelassener Knabe brachte kantengerundete, inwendig graue, kieselige Liasgeschiebe mit gelber Anwitterungsrinde aber ganz ohne Gletscherschrammen.

2) Das Pontegana-Conglomerat bildet im unteren Teil den Untergrund der Wiesenterrasse links der Breggia unterhalb von Molino di Morbio. An dem Steilabsturz der Terrasse in die Breggia, da wo diese eine scharfe Wendung nach links macht und oberhalb des alten Widerlagers der vor ca. 70 Jahren zusammengestürzten Brücke, sieht man in kahlem Abriss die Schichtenköpfe des Dogger (?) 18 m über dem Bache flach abgeschnitten und dann noch ca. 3 m mit horizontal geschichtetem Pontegana-Conglomerat überlagert, während links aufwärts das Conglomerat von Kalktuff überdeckt ist.

3) Links der Breggia über der unter 2) genannten Terrasse z. T. mit Tuff überdeckt. Talaufwärts ist die Grenze gegen den Lias unter der Strasse von Molino nach Morbio superiore verdeckt, talabwärts stösst das Conglomerat scharf ab an der Dogger- und Radiolaritklippe. Hier weicht das neue Breggiatal rechts ab vom Pliocaental. Die Conglomeratwand ist überlagert von ganz ungeschichteter Grundmoräne, auf welcher schief fallender, dann flacher Ceppo folgt bis an die Strasse und das Plateau hinauf.

4) Untergrund von Morbio inferiore und Felswand westlich bis in die Sohle der Breggia über 60 m mächtig, ferner talauswärts bis nahe an die Brücke von Ghittel.

5) Unterhalb Ghittel rechtsseitig discordant direkt auf senkrechter Scaglia aufliegend und von da an im unteren Teil des Abhanges bis nahe vor den Strassendamm von Bisio.

6) Links unterhalb Ghittel als Steilbord und von da an in der Sohle der Breggia bis Polenta und Pontegana.

Sowohl unterhalb Ghittel als auch wieder zwischen Polenta und Pontegana läuft die Breggia auf Pontegana-Conglomerat und gleichzeitig zwischen Felswänden von solchem; sie ist also ganz in das pliocaene Tal eingetreten, hier aber liegt die Sohle des Pliocaentales tiefer, als der jetzige Breggialauf.

Verdeckt von Diluvium liegt das Pontegana-Conglomerat wohl überall unter dem Rücken von Morbio inferiore gegen Ligrignano.

7) Es erscheint noch einmal weiter östlich abgedeckt in der kleinen Schlucht, durch die der Bach von Fontanella im Niveau unterhalb 300 m fliesst. Dort wird die rechte Seite im unteren Teile der Schlucht von einer Felswand aus Pontegana-Conglomerat gebildet, die linke Seite in gleichem und noch tieferem Niveau aus Grundmoräne und Ceppo. Man könnte glauben, das Pontegana-Conglomerat liege hier über Moräne. Nähere Untersuchung zeigt aber, dass es nur neben solcher liegt, die an Stelle des vorher abgespülten linken Ufergesteines des pliocaenen Fjordtales sich abgesetzt hat. Weiter hinauf in der Felsenschlucht kann man deutlich verfolgen, dass Moräne und Ceppo sich über das Pontegana-Conglomerat hinauf ziehen und dasselbe von oben übergossen haben.

8) Am Raggiabach südlich der Station Balerna am Nordabhang des Hügels von Cereda trifft man am Gehängefuss im Bache marines, schief (25° NE) gelagertes Pliocaen von der Beschaffenheit wie bei Pontegana in der Nähe des Conglomerates. Es sind gelbe, kalksandige, aus dem Conglomerat ausgespülte Schichten zwischen tonigen entblösst. Darüber bedeckend und noch weiter gegen Westen liegt grobes Pontegana-Conglomerat auf ca. 50 m Länge und bis 8 m über die Bachsohle in flacher Masse gelagert. Auch hier sieht man Blöcke bis 1 m Durchmesser.

Der pliocaene Talweg hatte seinen oberen Anfang etwa in der Gegend unter Obino im grauen Lias, ging von dort erst gegen SSO, dann gegen S unter Morbio inferiore durch gegen Pontegana, eingeschnitten in die Schichtreihe, die wir in der Breggiaschlucht finden, und mündete bei Pontegana ins Meer.

Wir stehen nun vor der grossen Frage, woher kommt das Material des Pontegana-Conglomerates?

Zuerst dachte ich an die gelben Kalke und Dolomite der Trias, allein die Struktur ist eine andere. Nach der örtlichen Lage sollte

doch das Pontegana-Conglomerat aus den gleichen, das ganze Sammelgebiet der Breggia bildenden Liasgesteinen bestehen, wie auch vorherrschend das Glaciale. Ich fand dann zuerst südlich von Molino zwischen dem grauen Lias und dem Ammonitico rosso anstehend Liaskalke, welche aussen hellgelb, inwendig dunkelgrau waren, und auch durch und durch hellgelbe Bänke. Diese zeigten sich in ihrer Struktur völlig gleich den Geröllen des Pontegana-Conglomerates. Es ist aber nicht denkbar, dass von diesen erwähnten gelben Liaskalken allein das ganze Pontegana-Conglomerat stammen könnte, ohne dass auch in Masse grauer Lias hineingelangt wäre. Die helle Farbe der Bänke No. 3 unserer Schichtreihe war nach ihrer Anordnung deutlich als Folge einer eindringenden Oxydation aus dunkel blaugrauer Farbe hervorgegangen zu erkennen. Es ist somit auch sehr wahrscheinlich, dass Gerölle des grauen Lias erst nach ihrer Abtrennung, erst als Bestandteile des Pontegana-Conglomerates ausgebleicht und gelb oxydiert worden sind. Am beweisendsten in dieser Richtung waren einzelne gelbe Gerölle des Conglomerates, die noch einen grauen Kern enthielten. Durch genauen, zuerst nur makroskopischen Vergleich kam ich allmählich zu der Überzeugung, dass das ganze Material des Pontegana-Conglomerates vom Lias unter Verwitterungsbleichung und Oxydation abzuleiten sei. Die Bleichung und Gelbfärbung im anstehenden Lias finden wir auch am deutlichsten gerade im Grunde des alten Fjordes (unter Molino di Morbio) ausgeprägt. Vielleicht hat dabei das Meerwasser für die Gerölle wie für den Untergrund in ähnlicher Weise gewirkt. Damit ist dann erwiesen, dass das Pontegana-Conglomerat aus dem Sammelgebiete der Breggia stammt und der pliocaene Fjord ein Vorläufer des Breggiatales war. Ferner ergibt sich aus der fast einheitlichen Zusammensetzung des Conglomerates wie übrigens auch aus seiner Einlagerung in den Schichten des Breggiaprofiles, dass Ammonitico rosso, Malmhornstein, Biancone schon fast ganz von den Gehängen des Monte Generoso-Gebirges weggewittert waren, bevor das Pontegana-Conglomerat sich zu bilden begann. Es hat eine viel stärkere Veränderung der Gestaltung des Landes durch Verwitterungs-Abtrag vom Momente der Alpenaufstauung bis zur Bildung unseres Pliocaen als von der Pliocaenzeit bis zur Diluvialzeit oder sogar bis zur Gegenwart stattgefunden. Die grosse Orographie unserer Gegend war im Pliocaen schon ausgebildet, das Pliocaen hat sich in die gleichen Talbecken eingelagert, die die unmittelbaren Vorläufer der noch bestehenden Täler und Talbecken sind. Schon im Pliocaen war z. B. kein Berg mehr zwischen Chiasso und Pontegana, sondern Talbecken. Die Haupterosion, während und unmittelbar an die Hauptdislokation sich an-

schliessend, hat in dem Zeitabschnitt zwischen der Ablagerung des Molasse-Conglomerates von Mte. Olimpino und der Ablagerung des Pliocaen stattgefunden. Es wäre deshalb sehr wichtig, das Alter der Nagelfluh des Olimpino genauer feststellen zu können.

Nun aber schien es mir, dass die bloss makroskopische Prüfung der Bestandteile des Pontegana-Conglomerates nicht genüge und ich liess deshalb durch Gerölle und Bindemittel und durch hellgelbe und graue Proben des anstehenden Lias Dünnschliffe herstellen und übergab dieselben zu einer näheren Prüfung Herrn Dr. Ernst Blumer. Sein Bericht lautet wie folgt:

a) Grauschwarzer Unterlias von Valle di Grotta, mit Hornsteinlage.

„Unter dem Mikroskop zeigt der unterliasische Kalkstein eine feinstkörnige, durch Eisen etwas bräunlich gefärbte, calcitische Grundmasse, in der ziemlich häufig Magnetitkörner eingestreut liegen, die wahrscheinlich die dunkle Färbung des Gesteines mitbedingen helfen. Massenhaft erfüllen diese dunkle Grundmasse meist wasserklare, stabförmige Längsschnitte und kreisrunde, ovale, auch etwa polygonale Querschnitte von Spongiennadeln, bei denen stets die ursprüngliche amorphe Kieselsäure durch kristallinen Quarz ersetzt ist. Ihr Lumen ist oft von klarem Calcit erfüllt, seltener von Quarz oder von der gleichen bräunlichen Grundmasse, die die Nadeln umgibt. Hie und da kommen noch andere, unregelmässige Schnittformen vor, mit Verzweigungen etc. Der Durchmesser der kreisförmigen Nadelquerschnitte schwankt um 0,08 mm; die Dicke der Wandung beträgt im allgemeinen etwa 0,01 mm.

„Vom Kalkstein gegen den benachbarten Hornstein besteht ein sehr rascher, aber doch kein unvermittelter Übergang. Der Quarzgehalt steigt rasch und innerhalb von vielleicht 1 mm ist aus dem Kalkstein mit kieseligen Spongienresten ein fast reines Quarzgestein geworden, das nur noch ganz vereinzelte Calcitsplitter enthält. Die Korngrösse schwankt meist um 0,005—0,01—0,02 mm. Auch hier ziemlich viel Magnetit, oft schlierenförmig angereichert. Die quarzige Grundmasse aber ist bedeutend heller als die braune Grundmasse des umgebenden Kalksteins. Daher heben sich auch die Spongienreste viel weniger durch ihre Klarheit ab, am besten noch in den Magnetitreicheren Partien. Man kann hier erkennen, dass die Spongienreste zum mindesten ebenso zahlreich sind wie im umgebenden Kalkstein. Aber nie ist hier das hohle Lumen der Nadeln mit Calcit erfüllt, sondern wo es sich überhaupt noch erkennen lässt, enthält es Quarz.

„Schon im Kalkstein zeigen sich eckige Quarzsplitter, die gewiss nicht direkt Spongienreste sind, aber durch Lösung und Wiederabsatz aus solchen hervorgegangen sein mögen. In den noch erhaltenen

Spongienresten selbst hat sich in gleicher Weise die ursprünglich amorphe Kieselsäure durch Lösung und Wiederabsatz in kristallinen Quarz umgewandelt. Wahrscheinlich ist auch die Quarzgrundmasse des Hornsteines umgewandelte, unkenntlich gewordene Spongiennadeln-Substanz, und der Unterschied, der unzählige Male wiederholte Wechsel von Hornstein- und Kalksteinbänken im Liasgebirge nördlich von Chiasso beruht wohl nur auf einem periodischen Wechsel im Absatz. Reiner Absatz von Schwammnadeln bildete den reinen Hornstein; weil periodisch ein Kalkabsatz hinzutrat, entstanden die wechsellagernden Kalkbänke.

„Während es sich in den roten Hornsteinen der oberjurassischen Aptychenschiefer um typische Radiolarite handelt, sind die schwarzen Hornsteine des mächtigen grauen Lias, der die Berge nördlich von Chiasso, zwischen Luganer- und Comersee, bis zum Monte Generoso. grösstenteils zusammensetzt, Spongite.

b) Gelber Lias, von Molini-Morbio.

„Zwei Dünnschliffe wurden untersucht; beide zeigten Spongiengesteine, boten aber im übrigen manche Verschiedenheit.

„Im Dünnschliff I fand sich ein fast reines Calcitgestein, ziemlich grobkörnig. Korngrösse 0,01—0,03—0,1 (— selten 0,2) mm. Quarz nur selten in vereinzelten Körnern; zerstreut Eisenerzpartikelchen. Zudem gibt feinst verteiltes Eisen dem Schliff eine leicht gelbliche Färbung. Fossilreste sind wenig zu erkennen, meist Querschnitte von Schwammnadeln, ebenfalls aus Calcit bestehend. Ich vermute, dass weitere Fossilreste durch Umkrystallisation verloren gegangen sind; damit in Zusammenhang steht auch das grobe Korn des Calcites. Fossilarmut und grobes Korn sind beides sekundäre Erscheinungen.

„Der Dünnschliff II bot ein ganz anderes, wahrscheinlich ursprünglicheres Bild. Die Calcitgrundmasse ist feinstkörnig, noch bei 142-facher Vergrösserung lässt sich das Korn nicht scharf fassen. Sie ist durch Eisen braun gefärbt, enthält vielleicht auch tonige Beimengungen; sie schliesst zahlreiche, meist wasserklare Petrefaktenreste ein, die vorwiegend aus Quarz, seltener, und dann weniger klar, aus Calcit bestehen. Es sind wiederum Spongienreste, aber ausnahmslos schlecht erhalten, meist ohne erkennbare Lumina. Es tritt dabei der sehr interessante Fall auf, dass Nadeln teilweise aus Quarz, teilweise aus Calcit bestehen, in der Weise, dass bald das eine, bald das andere Ende, bald die Mitte calcitisch geworden ist. Wo alle drei Fälle zusammentreten, ist dann aus der ursprünglichen Kieselnadel im Kalkgestein, unter dem Einfluss der mit $CaCO_3$ beladenen Bergfeuchtigkeit eine Kalknadel entstanden. So bestehen alle Übergänge zwischen

ursprünglicher Kieselnadel und sekundärer, dann aber lumenloser und oft etwas unscharf begrenzter Kalknadel.

„Neben Spongienresten kommen auch vereinzelt Foraminiferen vor, aber schlecht erhalten, so Textulariden, mit Kalk-Schale, auch seltene fragliche Radiolarienreste.

„Schon makroskopisch zeigt das gelbe Gestein dunkle Schlieren und Nester von bis 1 cm grösstem Durchmesser. Unter dem Mikroskop erweisen sie sich als dichterer, eisenreicherer Calcit, ärmer an Quarzbestandteilen.

„Körner und Fetzen von Limonit und oberflächlich oft limonitischem Magnetit sind nicht selten.

c) Die Gerölle des Pontegana-Conglomerates.

„Drei verschiedene gelbe Kalkgerölle wurden mikroskopiert und alle drei boten dasselbe Bild: Fast reines Calcitgestein mit seltenen isolierten Quarzkörnern und etwas Eisenerz. In der durch Eisen leicht gelblichen Grundmasse liegen zahlreiche hellere Petrefaktenreste, ebenfalls aus Calcit bestehend. Es sind fast ausschliesslich Quer- und Längsschnitte von Spongiennadeln. Die Korngrösse der Calcitgrundmasse steigt bis auf 0,01 — 0,02 mm. Fossilreste und Grundmasse stehen dem Volumen nach in angenähertem Gleichgewicht.

„So sind die wichtigsten, weitaus dominierenden Gerölle des Pontegana-Conglomerates gleiche Spongien-Kalksteine, wie der anstehende Lias der Gebirge nördlich von Chiasso. Aber während dort die Schwammnadeln ganz oder vorwiegend aus Quarz bestehen, sind sie in den Pontegana-Geröllen aus Calcit aufgebaut. Dass aber dieser Unterschied nicht prinzipieller Natur ist, lehrt der Dünnschliff II unseres gelben Liaskalkes (anstehend bei Molini-Morbio), wo alle Übergänge zwischen Kiesel und Kalknadeln vorhanden sind. Dass es sich dabei wirklich um eine Umwandlung der ersteren in letztere und nicht etwa um den umgekehrten Vorgang handelt, zeigt der bessere Erhaltungszustand der Kieselnadeln. Dasselbe folgt zwanglos aus dem chemischen Massenwirkungsgesetz: In dem Kalkgestein zirkulierte stets eine $CaCO_3$ reiche Bergfeuchtigkeit, die überall die Tendenz hatte, Kalk abzusetzen und dafür anderes aufzulösen. Ihre Tätigkeit liegt auch dokumentiert in den sekundären Calcitadern, die sogar die liasischen Hornsteine durchziehen. Überall ist, in allen entstehenden Rissen des verfestigten Gesteines Calcit durch die Bergfeuchtigkeit abgesetzt worden, niemals Quarz. Dieser letztere ist im Gegenteil weggeführt worden. Am weitesten fortgeschritten ist nun diese Metamorphose in den Geröllen des Pontegana-Conglomerates; sie hat aber stellenweise schon im anstehenden Lias begonnen (unser Dünnschliff II von Molini). Es hängt wohl auch die Veränderung

der Farbe von grauschwarz zu gelb mit dem gleichen Vorgang der Metamorphose zusammen und beruht auf einer Oxydation der Eisenerze und zum Teil auch des organischen Farbstoffes. In Übereinstimmung damit sind bei Pontegana von mir äusserlich gelbe Gerölle mit noch dunklem Kern gefunden worden und ebenso hellgrau gewordene Hornsteine mit noch dunkleren Schlieren.

d) Das Cement des Pontegana-Conglomerates.

„Das gröbere Bindemittel ist nichts anderes als ein Conglomerat im kleinen, mit bis $^1/_2$ cm grossen Brocken und Splittern von grauviolettem Hornstein und mit allen den beschriebenen Liasvarietäten vom quarzreichen bis zum quarzfreien Kalkgestein, mit quarzigen oder kalkigen Spongienresten. Bestimmte Gerölle anderer Herkunft wurden nicht gefunden. Makroskopisch erscheinen alle Kalksteingeröllchen gelblich, die Hornsteine nie dunkel, sondern hell, „gebleicht". Das eigentliche Bindemittel ist Calcit, der aber durchaus nicht lückenlos zusammenschliesst; es zeigen sich vielmehr unter dem Mikroskop alle Übergänge von dem noch fast leeren Hohlraum zwischen benachbarten Geröllen bis zur halbgefüllten und schliesslich ganz geschlossenen Druse.

„Die feinste „Grundmasse", in der makroskopisch sich keine Gemengteile mehr unterscheiden lassen, besteht aus einem feinen Gemenge von Kalksteinsplittern (z. T. mit noch erkennbaren Spongienresten), seltenen Hornsteinsplittern, isolierten Quarzen und sekundär ausgeschiedenem Calcit, dessen polysynthetische Zwillinge bis 0,5 mm Durchmesser erlangen können. Dieser sekundäre Calcit bildet wohl nahezu die Hälfte des Gesteinsmateriales. Eisen ist hier wenig vorhanden; Fossilien im Cement konnten nicht nachgewiesen werden.

„So lehrt die vergleichende mikroskopische Untersuchung fast zweifellos die Identität des anstehenden grauen und hellen Lias der Berge im Norden von Chiasso mit den vorherrschenden Geröllen des pliocaenen Pontegana-Conglomerates: Hier wie dort Spongienkalke, mit Hornstein. Die veränderte gelbe Färbung der alten Gerölle ist der Ausdruck derselben Metamorphose, welche die ursprünglich kieseligen Spongiennadeln calcitisch umgewandelt hat. Das Bindemittel besteht aus dem gleichen, nur feiner zerkleinerten Material mit calcitischer Verkittung."

Am Ende unserer Betrachtung über die Pliocaenbildung angelangt, bleibt nochmals zu betonen, dass wir nirgends Spuren einer Aufrichtung des Pliocaen nach seiner Ablagerung getroffen haben. Die Stellen, wo die Pliocaenschichten nicht ganz horizontal liegen,

sind nicht einheitlich, sondern lokalisiert und verschieden und deshalb anders als durch Dislokation zu deuten. Es handelt sich teils um primären schiefen Absatz auf schiefer Unterlage bergauswärts fallend, teils um wechselvolle torrentielle Schichtung (Nordseite von Pontegana im Conglomerat), teils um lokale Stauchungen des noch nicht verfestigten Gesteines durch schwere Einlagerungen. Das höchste Niveau, in welchem wir sicher marines Pliocaen gefunden haben, ist 275 m bis 280 m (Roncagliaschlucht). Fehlt einerseits der Beweis für eine aufrichtende Dislokation des Pliocaen, so müssen dagegen vielleicht die 280 m Meerhöhe als Beweis für allgemeine Hebung des Untergrundes seit der Pliocaenzeit angesehen werden. Selbstverständlich ist es möglich, dass diese Hebung auch das Gefälle der Schichten etwas verstellt hat, aber der Betrag dieser Verstellung bleibt unter der Möglichkeit eines bestimmten Nachweises, und ist verschwindend gegenüber der alpinen Aufrichtung der älteren Schichten.

13. Glaciale Ablagerungen.

Die uns beschäftigende Gegend ist reichlich mit Gletscherschutt übergossen, und dieser ist im grossen ganzen in eine Anzahl sich südlich abstufender Terrassen geordnet. Ein Blick auf Taf. I Fig. 1 macht diese Ausgleichung der früher viel unregelmässigeren Oberfläche deutlich. In dem ganzen terrassierten Vorlande der höheren Berge beruhen alle Entblössungen der älteren Gesteine auf postglacialen Erosionen. Nur am steilen Liasgehänge im NE unseres Kartengebietes und andererseits am Monte Olimpino gibt es Stellen, die nie von Gletscherschutt bedeckt waren. Im besonderen ist zu beachten, dass der Gletscherschutt auch auf den vorhin besprochenen Pliocaengebilden, trotz annähernd gleich flacher Lagerung, nicht konkordant und nicht harmonisch aufliegt, sondern dass auch die Oberfläche der pliocaenen Ablagerungen eine starke Erosion erfahren hat, bevor die Gletscherablagerungen erfolgt sind. Diese Erosionsfläche bedeutet den zeitlichen Teilstrich zwischen Pliocaen und Diluvium, der überall durchaus scharf ist und nirgends sich verwischt. Auf dem kleinen Raume des hier untersuchten Gebietes lassen sich keine klaren Belege für eine Zweiteiligkeit oder Mehrteiligkeit der Eiszeit auffinden, so oft Ceppo und Grundmoränen manchmal abwechseln. Der eigentliche „Feretto“ liegt ausserhalb unseres Kartenausschnittes. Wallmoränen fehlen, wir finden dagegen in ausgezeichneter Entwicklung und oft grosser Mächtigkeit Grundmoränen und meistens darüber verschwemmte Moränen und fluvioglaciale oft fest verkittete Schotter. Diese letzteren

Gebilde sind meistens als „Ceppo“ [1]) bezeichnet worden. Immer treffen wir unten Grundmoräne, oben gut geschichteten, geschwemmten Ceppo, dazwischen unregelmässigen Wechsel und Mischung. Unter dem Verschwemmten auf der Grundmoräne erscheinen an zahlreichen Stellen kleine Quellen. In unserem Gebiete gibt es enorme glaciale Aufschüttungen, Grundmoränen bis zu 30 m Mächtigkeit, Ceppo stellenweise noch mächtiger. Im Sammelgebiete der Breggia, der Valle di Muggio, treffen wir an Vorsprüngen und auf Terrassen stets mächtige Moränen, dazwischen und darunter tiefe Erosionsschluchten. Die Gegend zeigt überall, dass die Gletscher hier fast nur aufgeschüttet, nicht erodiert haben. Für mein Gefühl bedeutet eben doch immer noch eine Grundmoräne von 20 bis 30 m Mächtigkeit, dass der Gletscher hier den Fels nicht wesentlich abgehobelt, sondern vielmehr mit Moräne beschützend überdeckt hat.

Sowohl für die Grundmoränen wie für den Ceppo ergibt sich, dass weit mehr als $^9/_{10}$ der Geschiebe im Gebiete unseres Kartenausschnittes Liaskalk u. Hornsteine des Liaskalkes sind, daneben kommen nur wenige Trümmer aus Pontegana-Conglomerat etc. und überall, aber meistens nicht häufig, Blöcke von krystallinischen Silicatgesteinen vor. Auch die Moränen am Eingang in Val Muggio oberhalb Morbio enthalten krystalline Blöcke. Unter den krystallinen Gesteinen herrschen Amphibolite, Diorite von mir unbekannter Herkunft vor. Recht zahlreich und in grossen Blöcken trifft man solche nördlich von Morbio inferiore. Moränen wie Ceppo haben durch das Vorherrschen des grauen Lias ein sehr lokales Gepräge. Weiter gegen S und besonders SW ändern sich die Verhältnisse in dem Sinne, dass die nichtliasischen und besonders die krystallinischen Geschiebe stark an Häufigkeit zunehmen. So haben wir notiert südlich von Bonago viele helle Kalke, viele Diorite und viel roter Verrucano im Ceppo, bei Trevano viel krystalline Blöcke in der Grundmoräne, bei Folla bis 50 % roten Quarzporphyr im dort wohl 30 m mächtigen Ceppo.

a) Grundmoränen.

Die Grundmoränen im Talkessel unten sind am reichsten an Tonschlamm. Derselbe ist bald hell blaugrau, bald durch Oxydation gelb. In dem Gebiete zwischen Balerna und S. Antonio werden die Grundmoränen schon seit langer Zeit zur Ziegelei ausgebeutet. Hier handelt es sich vielleicht zum Teil um Absatz von Gletscherbachschlamm in einem Staubecken vor dem sich zurückziehenden Gletscher und ich möchte vermuten, dass der gleiche Grundmoränenlehm sich noch vielerorts unter der Alluvialebene zwischen dort und Chiasso

[1]) Taramelli. Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz. Lfg. XVII, 1880, pg. 102.

finde. Der Grundmoränenlehm bei den Ziegeleien von Balerna ist damals von dem Pliocaenton nicht unterschieden worden. Hierdrin fand man gekritzte Geschiebe, dort am Hügel von Pontegana die Fossilien. Allein im Grundmoränenlehm südlich Balerna gibt es keine pliocaenen Fossilien und im Pontegana-Fossilienton keine gekritzten Geschiebe. Die Grundmoräne der Ziegelei enthält geschrammte Geschiebe spärlich, strichweise häufig. Sie lässt sich westlich verfolgen bis in das Tobel des Roncagliabaches, wo man sie dann deutlich der aberodierten Oberfläche des Pliocaentones auflagern sieht. Fast der ganze südlich anschliessende Hügel von Cereda ist Grundmoräne. Der sehr prägnante Hügel von S. Antonio ist ein aufsitzender Rest von Ceppo, und ein weiterer Cepporest bildet die Ostecke von Cereda.

Die höher an den Gehängen gelegenen Grundmoränen sind durchschnittlich reicher an Geschieben — fast alle Geschiebe sind geschrammt.

Ausgezeichnete Grundmoränen treffen wir ferner bei Sovernigo und unter Cá del Dosso. Der Engpass, den die Breggia an der italienischen Grenze eingeschnitten hat, geht ganz durch Grundmoräne, die in senkrechten Wänden ansteht. Er ist also postglacial, er durchschneidet Grundmoräne und Ceppo auf volle 60 bis 70 m Höhe. Gerade rechts am Bachbett, am Eingang des Durchbruches taucht noch eine zur Zeit ca. 2 m hohe Klippe von grauem Liasfels mit 60° NE fallenden Schichten auf. Im linken Bachbord finden wir nur Moräne, der vorglaciale Tallauf kann also noch tiefer gewesen sein.

Wiederum finden wir ausgezeichnete Grundmoränen in den Bachfurchen unter Fontanella, über dem Pontegana-Conglomerat zwischen Morbio superiore und Castello S. Pietro, besonders an der Strasse, die von der Breggiabrücke bei Molino nach Castello S. Pietro hinauf führt.

Sodann erscheinen die Grundmoränen als zusammenhängender Streifen von südlich Castello S. Pietro bis gegen Pontegana im rechten Steilbord des Breggiatobels über den Schichtenköpfen des Biancone, der Scaglia und auf dem Pontegana-Conglomerat, stets bedeckt mit Ceppo und Ceppoterrassen, und stets kleine Quellen fördernd. Endlich treffen wir Grundmoränen mit Bändertoncharakter am S-Abhang des Ponteganahügels. Kleinere Grundmoränenausstiche kommen noch vielerorts im Ceppo vor, so bei Obino etc.

b) Der Ceppo.

Die Verbindung der Grundmoränen mit dem Ceppo ist an hundert Stellen zu beobachten. Geschwemmte geschichtete Streifen wechseln

mit ungeschichteter Moräne ab. Bald finden wir noch Schrammen an den Ceppogeschieben, bald sind sie alle verschwunden und durch Schlagpunkte ersetzt. Stets nimmt der reine Terrassencharakter nach oben zu. Hie und da ist der Ceppo recht grobgeröllig, manchmal enthält er Sandbänke, selten auch Bänke von mergeligen bis kalkigen Schichten (Ceredahügel Ostecke). Grössere Blöcke sind nicht selten unabhängig von der Schichtung eingestreut. Dies alles sind typische Merkmale der sogen. Übergangskegel. Manchmal ist der Ceppo locker, manchmal partiell verkittet, hie und da gut verkittet, sodass er überhängende Felsen und sogar in der jetzigen Breggia grosse Gerölle bilden kann. Im Ceppo haben wir nicht selten hohle ausgelaugte Geschiebe gefunden, ganz wie im Deckenschotter der Alpennordseite.

Sehr häufig ist im Ceppo schiefe Schichtung, bedeckt von horizontaler, ganz nach Deltaart zu sehen. Oft ist die Grenze zwischen den schiefen und den oben flachen Schichten sehr scharf, oft vermittelt. Ich habe den Eindruck erhalten, dass im Becken von Chiasso ein Stausee war, dessen Niveau successive gesunken ist, so dass die Ceppodeltas, welche aus dem Valle di Muggio hervorbrachen, immer wieder vom Flusse durchschnitten und seitlich als Terrassen zurückgelassen worden sind, während immer wieder neue Schuttkegel sich in tieferem Niveau ansetzten. (Taf. I, Fig. 1). Sehr deutliche Deltastruktur, Übergusschichtung, d. h. also unten Schichten von 10 bis 25° Gefälle talauswärts, oben von flach auflagernden Schichten bedeckt, fand ich im Ceppo:

Westlich neben Cà del Dosso in grosser Kiesgrube bei ca. 270 m
Kiesgrube S-Seite an Pontegana bei ca. 270 m Meerhöhe
Santa Lucia bei 300 m
Kiesgruben zwischen Castello S. Pietro und Obino bei 490 m
Über dem Pontegana-Conglomerat SW von Morbio sup. bei 400 m
In beschränkter Ausdehnung noch an vielen Stellen, besonders im Übergangsgebiet von Grundmoräne und Ceppo.

Die Grenzflächen zwischen den oben flachen und unten schiefen Schichten fallen nicht in ein oder zwei Niveaux zusammen, die als einstige andauernde Seeniveaux gedeutet werden könnten, sie finden sich in einer fast kontinuierlichen bergauswärts fallenden Serie. Nur bei den beiden grossen Kiesgruben vor dem Talkessel von Chiasso, bei Cà del Dosso und Pontegana haben wir gleiches Niveau der Seefläche, in welche das Delta vorgerückt ist, und dieses Niveau entspricht dem noch undurchschnittenen Riegel der Breggia.

In den Umgebungen von Lugano und am Luganersee fehlt das hier so auffallende Phänomen des Ceppo. Dieser beginnt erst unterhalb Capolago vor Mendrisio. Da setzt er aber auch sofort ein in zahlreichen Terrassen, die Talgehänge bis auf 180 m über den Talboden hinauf verkleisternd, je eine niedrigere Terrasse in die höhere eingesetzt. Die ganzen Terrassenflächen von Mendrisio bis Balerna linksseitig des Roncagliaflusses ebenso wie die entsprechenden rechtsseitigen mit Dörfern besetzten Terrassen sind alle von Ceppo gebildet, der meistens erst nach Art von Aufschüttungsterrassen gebildet, dann wieder von Erosion durchtalt ist, worauf teilweise jeweilen wieder jüngere Aufschüttung in tieferem Niveau gefolgt hat.

14. Recente Ablagerungen.

Abermals folgt eine Erosionsfläche und postglaciale Talbildung. Als recente Ablagerungen sind die wenig mächtigen Alluvionen in der Ebene von Chiasso, die Humusbildung etc. und besonders noch der Quellentuff zu nennen, der den Fuss des obersten Pontegana-Conglomeratanschnittes im linken Talgehänge der Breggiaschlucht unter Morbio superiore bis fast zum linken Pfeiler der verschwundenen Brücke verhüllt. Es lohnt sich nicht, weiter auf diese Ablagerungen einzutreten. Der Laghetto bei Chiasso und die Sümpfe bei Pra Bolla scheinen Reste alter Seestauung im Becken von Chiasso zu sein — vielleicht der Rest der grossen Stauung, welche die Ablagerung des feinen Tones und vielerorts die Deltastruktur des Ceppo bedingt hat.

VI. Zusammenstellung der Resultate für die geologische Geschichte der Umgebung von Chiasso.

Nach den mitgeteilten Beobachtungen muss die geologische Geschichte unseres Untersuchungsgebietes ungefähr die folgende gewesen sein:

Carbonzeit: Faltung älterer Gesteine, Erosion, Discordanztransgression der Carbon-Conglomerate auf senkrechtem Gneiss (Beweisstelle: Manno bei Lugano).

Perm: Porphyrausbrüche, Ablagerung der Porphyrdecken und des Verrucano discordant, transgredierend auf dem älteren aufgerichteten Gebirge. Senkung.

Triaszeit: Ablagerung der Triassedimente in süd- und ostalpiner Ausbildung. Auffüllung und Hebung.

Schluss der Triaszeit: Flaches Festland, Erosion, Bildung von Karren und Terra rossa.

Liaszeit: Senkung, Transgression des unteren Liasmeeres. Bildung des Brocatello d'Arzo und Marmo d'Arzo.

Ablagerung mächtiger Spongitenkalke und Hornsteine.

Zunehmende Meertiefe, tonreichere Absätze des Ammonitico rosso, oscillatorischer Wechsel von Kalk und Mergel oder Tonabsätzen.

Doggerzeit: unveränderte Verhältnisse, Absatz von Kalk und Ton in oscillatorischem Wechsel, dazu von Hornsteinlagen.

Malmzeit: Tiefmeer, Zunahme der Hornsteine, Radiolarit, rote Farbe der Absätze (ca. 40 m).

Tithonzeit: Plötzlicher Umschlag in Absatz reinen Foraminiferenkalkes (Biancone 50—100 m).

Kreidezeit: Plötzlicher dauernder Umschlag in bunten Tonmergelniederschlag (Scaglia), noch foraminiferenreich, allmähliche Abnahme der Meertiefe.

Eocänzeit: Fortdauer des tonigen Niederschlages mit Einmengung weissglimmerigen Sandes (Flysch), oscillatorischer Wechsel von Ton und Sandabsatz.

Oligocaen-Miocaen: Hebungen, Erosionen, Ablagerung der Molassenagelfluh und des Molassesandsteines auf Erosionsfläche des wenig gehobenen Flysch.

Miocaen: Grosser erster alpiner Horizontalschub, Faltung und Aufrichtung der Schichten bis und mit der Tertiärnagelfluh (Profil Breggiaschlucht bis und mit Mte. Olimpino), Haupterosion, Ausbildung von Tälern.

Pliocaen: Senkung, grosse scharfe Transgression des Pliocaenmeeres am Südfuss der Alpen. Täler werden zu Fjorden, Ablagerung des Pliocaentones in den Meerbuchten und des Pontegana-Conglomerates in Tal und Fjord.

Beweise: flache Lage des Pliocaen, Transgression des horizontalen Pontegana-Conglomerates in der Breggiaschlucht aufwärts von Ghittel auf den steilen Schichten von Scaglia, Biancone, Dogger, Lias, Ammonitico rosso. Einlagerung des Pontegana-Conglomerates in ein altes Tal in diesen Schichten.

Seither relative Hebung um ca. 300 m aus dem Pliocaenmeer.

Beweis: jetzige Höhenlage flach geschichteten marinen Pliocaens 250 bis 280 m.

Diluvium: Fortgang der Erosion.

Beweis: unebene Erosionsfläche zwischen Pliocaenton und Moräne oder Ceppo am NE-Abhang von Pontegana, im Roncagliatal westlich S. Antonio, in der Talschlucht unter Fontanella, unebene Erosionsoberfläche am Pontegana-Conglomerat SW von Ghittel und zwischen Ghittel und Vigna, an der Nordseite von Cereda etc.

Vorrücken der Gletscher, discordante Transgression der Grundmoränen, Talverschluss unterhalb Chiasso, Rückzug der Gletscher, Bildung von Stauseen; die Gletscherbäche spülen die Moränen und arbeiten sie um zu Ceppo.

Postglacialzeit: Durchsägen der Moränenkluse NE von Chiasso. Sinken der Stauseen, Ausspülen postglacialer Täler (Breggiaschlucht, Schluchten im Muggiotal ca. 100 m vertieft, Schlucht unter Fontanella, Schlucht westlich Balerna, Roncagliaschlucht etc.).

Am Nordrand der Alpen gibt es kein nachweisbares Pliocaen. Die Zeitgrenze der alpinen Faltung war dort nicht so genau zu bestimmen, man wies der Dislocation die ganze Pliocaenzeit zu. Am Südrand der Alpen war Pliocaen mit Diluvium und mit Flysch z. T. verwechselt worden. Man sprach deshalb auch hier von nachpliocaener Auffaltung. Nun endlich scheint mir die Sache klar zu liegen.

Am Südrande der Alpen ist eine enorme Abtragung der Ablagerung des Pliocaen vorangegangen. Das marine (wahrscheinlich untere, wenigstens mittlere) Pliocaen liegt flach auf den erodierten Schichtenköpfen der alpin aufgerichteten Gesteine. Die alpine Faltung war also hier vor der Pliocaenzeit vollendet.

Dann wurde die Oberfläche des Pliocaen abermals unregelmässig abgetragen, und auf dieser Abtragsfläche liegen dann die Gletscherbildungen. Nirgends kommt eine Mischung von Pliocaen und Glacial vor, beide sind zeitlich und faciell scharf getrennt.

Ob der Deckenschotter des Nordrandes der Alpen pliocaen oder diluvial sei, ist eine andere Frage. Man hat sich vielfach gewöhnt, den Deckenschotter als pliocaen anzunehmen, ohne dafür irgend einen stichhaltigen Grund zu kennen. Man wünschte eben am Nordrande einen Stellvertreter des Pliocaen zu haben. Mir scheint aber, die Grenze von Pliocaen und Diluvium sollte doch am vernünftigsten dahin gelegt werden, wo der grosse Klimawechsel und der grosse Facieswechsel stattgefunden hat, d. h. vor den ersten Abstieg der Gletscher ins Vorland hinaus — also vor den Deckenschotter. Deckenschotter pliocaen zu nennen ist nicht gerechtfertigter, als marine Ablagerungen, in welche gleichzeitige Moränen sich mischen, diluvial zu nennen. Nun aber sehen wir auch am Südrande der Alpen Pliocaen und Glacial scharf getrennt. Warum sollten wir nicht auch hier das Diluvium mit dem Glacialen beginnen lassen. Dass die erste grosse Vergletscherung der Alpen, die Deckenschottervergletscherung, bloss dem Nordrande angehört und am Südrande sich nicht gezeigt habe, ist doch zum mindesten unwahrscheinlich. Ich kenne keinen Grund dafür, dass auf dem marinen Pliocaen bei Chiasso aufliegende

Grundmoränen jünger sein sollten, als die Grundmoränen unter dem Deckenschotter der Nordschweiz. Dass pliocaene Ablagerungen am Nordrande der Alpen überhaupt fehlen, ist nicht verwunderlich — das Land lag über Meer und war in starker Abspülung begriffen. bei Chiasso dagegen bespülte das Meer den Südfuss der Alpen. Mir erscheint somit am wahrscheinlichsten, dass auch das nördliche Diluvium samt dem Deckenschotter jünger ist, als das Pliocaen von Pontegana. Sicherheit wird schwer zu erlangen sein.

Der grosse Unterschied im Bau des Alpensüdrandes (S) und des Alpennordrandes (N) ist auffallend; er besteht für die Umgebung von Chiasso ungefähr in folgendem:

S: Streichen schwankend von SW—NE, W—E, auf kürzere Strecken sogar NW—SE (Umgebung von Chiasso).

N: Streichen weniger schwankend, konstanter WSW—ENE.

S: Schichtfolge Perm bis und mit Molasse stratigraphisch einfach und normal und von den Alpen abfallend.

N: Schichtlage kompliziert, repetiert, vorherrschend stratigraphisch verkehrt und gegen die Alpen einfallend. gebildet durch flache Überfaltungsdecken, die sich an der Molasse stauen.

S: Molasse ein einfaches, sehr wahrscheinlich ursprünglich etwas diskordant aufgelagertes und dann aufgerichtetes, von den Alpen wegfallendes Randgebilde aus krystallinen Geröllen.

N: Molasse mit mehreren Antiklinalen und Synklinalen, z. T. vor Anstauung oder Überschiebung durch ältere Gebilde erodiert, polygene und Kalk-Conglomerate wechselnd.

S: Alpine Dislocation nach Oligocaen oder Miocaen und vor Pliocaen. Hauptdiskordanz zwischen Oligocaen oder Miocaen einerseits und Mittelpliocaen andererseits, Diskordanztransgression des Pliocaen.

N: Alpine Dislocation nach Miocaen und vor Diluvium, kein sicheres Pliocaen vorhanden, Hauptdiskordanz zwischen Miocaen und Diluvium, Diskordanztransgression des Diluvium.

Es mag auffallen, dass die alpine Stauung am Alpensüdrande sowohl nach Beginn als nach Schlusstermin als sehr wahrscheinlich etwas älter erscheint, als diejenige am Alpennordrande, S: vor Pliocaen, N: vor Diluvium, wahrscheinlich während Pliocaen. Andererseits ist man doch zu der Annahme gezwungen, dass die oberen alpinen Überfaltungsdecken jünger als Erosion in aufgerichtetem Miocaen sind und dennoch ihre Wurzel im Süden haben. Mir scheint aber darin kein Widerspruch zu liegen. Ich denke mir die Reihenfolge der Alpendislocationen vorläufig wie folgt:

Die liegenden Überfaltungsdecken haben in ihren Wurzelregionen wahrscheinlich in der Oligocaenzeit begonnen, die nördlicheren zuerst, dann eine nach der andern der südlicheren, zuletzt die „ostalpine Decke“ mit der südlichsten Wurzel. Unser Gebiet um Chiasso gehört dem südlichen Fusse und den jüngsten Schichten der Gewölbeschenkelregion der ostalpinen Überfaltungsdecke an. Die Wurzeln und die „Embryonalfalten“ der verschiedenen Decken waren ursprünglich wenigstens so weit von einander entfernt, als der Breite der in normale Mächtigkeit ausgeglätteten Decken entspricht. Die Decken sind dann flach überschoben worden und hierbei gingen gewiss die oberen Decken rascher nach Nord als die unteren, weil jeweilen bei einer höheren Deckenfalte zur Bewegung der Unterlage noch der eigene Wurzelschub dazu kam. Gegen Ende der Überschiebung sehen wir die Wurzeln der verschiedenen Decken immer dichter aneinander gedrängt. Erst hierdurch werden die Schichten in den Wurzeln aus flacher Lage steil aufgerichtet. Damit aber hat auch der Schub der einen Decke über der andern aufgehört. Die Decken bilden sich nicht mehr aus dem ihnen einzeln zukommenden Schub weiter aus. Dafür fängt jetzt die autochtone Unterlage der Decken an, sich unter den Decken noch mehr aufzufalten in der Region von Mont Blanc und Aiguille rouge, Gotthard- und Aare-Massiv etc. Es entstehen diese Zentralmassive unter den Decken, während der Südrand der Alpen ohne weitere bedeutende Schichtverstellungen als Ganzes gegen Norden drängt. Durch die Aufstauung der autochthonen Centralmassive werden die Überfaltungsdecken ins Niveau stärkerer Abwitterung gehoben. Ihr Nordteil wird von der Wurzel abgetrennt und aus dem Abspülungsmaterial der oberen Decken ist zu einem grossen Teil die miocaene Nagelfluh am Nordrand der Alpen entstanden. Der Horizontalschub geht aber noch etwas weiter und schiebt am Nordrand der Zentralmassive noch weitere autochthone Falten an, während zugleich die von ihrer Wurzel schon getrennten Decken durch ihren Untergrund mitgeschleppt werden, bis auch sie mehr und mehr an den autochtonen Molassefalten ihre Stirnen stauen, sekundär fälteln und schliesslich an ungleichen Widerständen zerschellen. In dieser Phase der Bewegung gehen die verschiedenen aus Süden stammenden Decken nun gleich schnell und ungefähr gleich schnell wie die autochthone Unterlage, manche als steifer Klotz aufliegend, andere sich mehr oder weniger mit der autochthonen Unterlage harmonisch faltend. Südlich ist nur noch Bewegung nach Nord ohne neue Faltung, der Zusammenschub aber stösst weiter nördlich noch die letzten Falten an, das Juragebirge mit inbegriffen, stets die nördlicheren als die späteren, sowohl in der autochthonen Unterlage,

in welcher die Bewegung nun hauptsächlich sitzt, als auch in den darauf wurzellos liegenden und in dieser Phase passiv als Ganzes mitgetragenen Decken oder Deckenstücken. Die spätesten Faltungen und Horizontaldislocationen der Alpen sind diejenigen am Nordrand; zum Teil sind sie erst gegen Schluss der Pliocaenzeit in der Stirnregion der gleichen liegenden Faltendecken entstanden, die ihrer ersten Entstehung nach die ersten und ältesten gewesen sind.

Die endgiltige Ausbildung des nördlichsten Alpenrandes könnte also wohl jünger sein, als die Auffaltungen am Südrand der Alpen. Die Nordranddislocationen haben vermutlich im Pliocaen bis an dessen Schluss stattgefunden, diejenigen am Südrand der Alpen waren in der Pliocaenzeit sicher schon fertig. Damit stimmt vortrefflich überein das alte, von dem geologischen Bau viel weniger abhängige orographische Gepräge der Landschaft in den Südalpen, der Zusammenhang von Form und jüngsten Dislocationen in den Nordalpen. So sind zwar in ihren Anfängen die oberen Decken mit südlicherer Wurzel die jüngeren, allein dort in der Südwurzel gelangte die auffaltende Bewegung früher zum Stillstand. Bei den autochthonen Falten der nördlichen Alpenzonen und den späteren sekundären Falten innerhalb der Decken scheinen die südlicheren die älteren, die nördlicheren, wenn auch nicht im Einzelnen, so doch gruppenweise, die jüngeren.

Die Gleichgewichtsbewegungen des ganzen fertig gefalteten Alpenkörpers endlich, welche zur Rückläufigkeit von Terrassen und Deckenschotter und zur alpinen Talseenbildung geführt haben, haben sich erst im Diluvium — erste oder zweite Interglacialzeit — vollzogen.

Man möge mir diese Abschweifung in theoretisch alpinmechanische Vermutungen zugute halten. Es lag mir daran, zu zeigen, dass das Resultat, welches die Untersuchung der Gegend von Chiasso über das relative Alter der Südrandstauung der Alpen gibt, sich mit unserer nunmehrigen Erkenntnis der Überfaltungsdecken wohl reimen lässt, so viele Rätsel die Mechanik der Alpen auch noch zu lösen haben wird, und so sehr es auch möglich ist, dass neue Erkenntnis uns noch wesentlich andere Reime lehren wird.

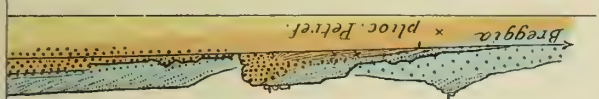
Abgeschlossen Sylvester 1905.

Nachtrag. Ein Dünnschliff aus dem oben erwähnten Kalkgerölle aus der Nagelfluh des Monte Olimpino zeigt massenhaft Lithothamnien, ferner Orbitoiden und andere Foraminiferen, und nur wenige klastische Gemengteile. Er erweist sich als gleich mit manchen Abänderungen der eocänen Kalke des Montorfano. Durch dieses sehr gut gerundete und der untersten Schicht der Nagelfluh angehörende Gerölle ist bewiesen, dass die Nagelfluh des Monte Olimpino wirklich jünger als Eocaen ist, wie wir es angenommen hatten.

S.

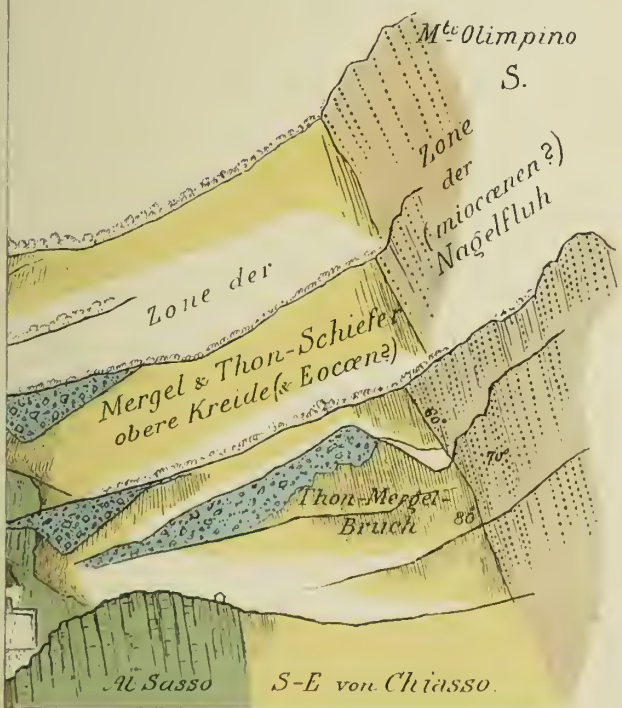
nke (östliche-) Seite der Breggiaschlucht

: 10,000

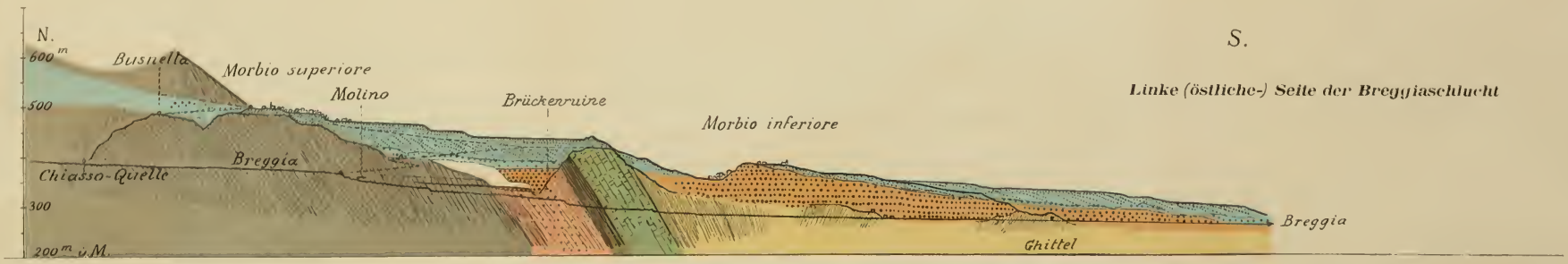


S. Antonio Pontegana Campagna

Rechte (westliche-) Seite



Topogr. Anstalt Winterthur. J. Schlumpf.



Linke (östliche-) Seite der Breggiaschlucht

Fig. 1. Profil beider Thalseiten der Breggiaschlucht ob Chiasso (Süd-Schweiz.) 1:10,000

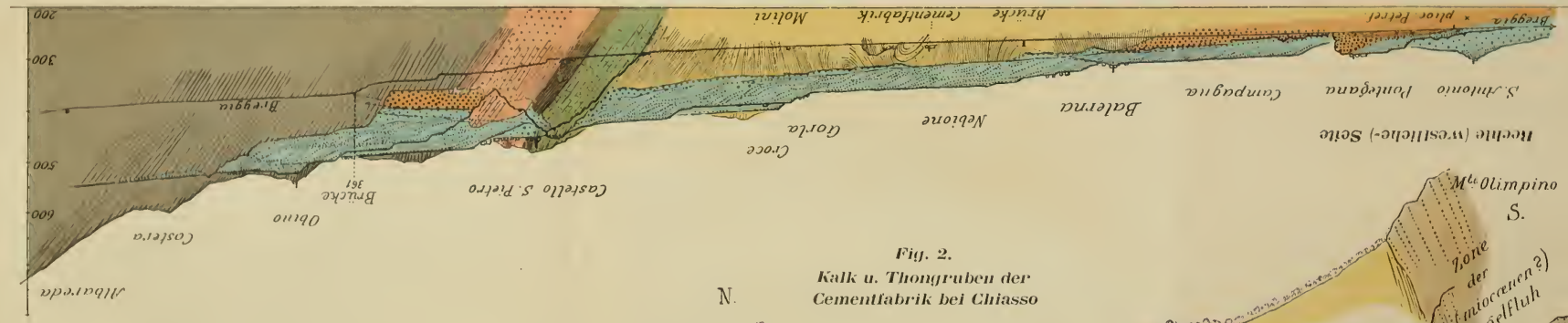
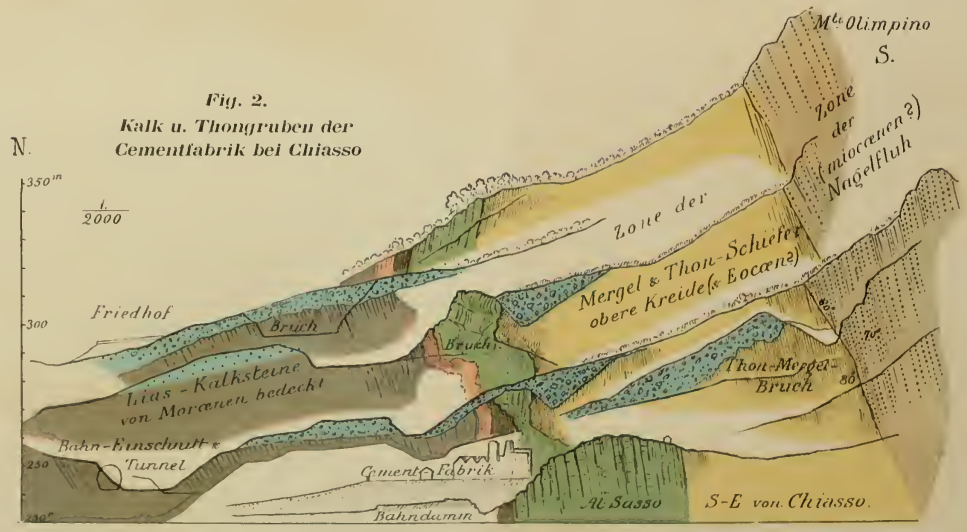


Fig. 3. N-O-Seite von Pontegana

Farbenerklärung auf Taf. II

Fig. 2.
Kalk u. Thongruben der
Cementfabrik bei Chiasso



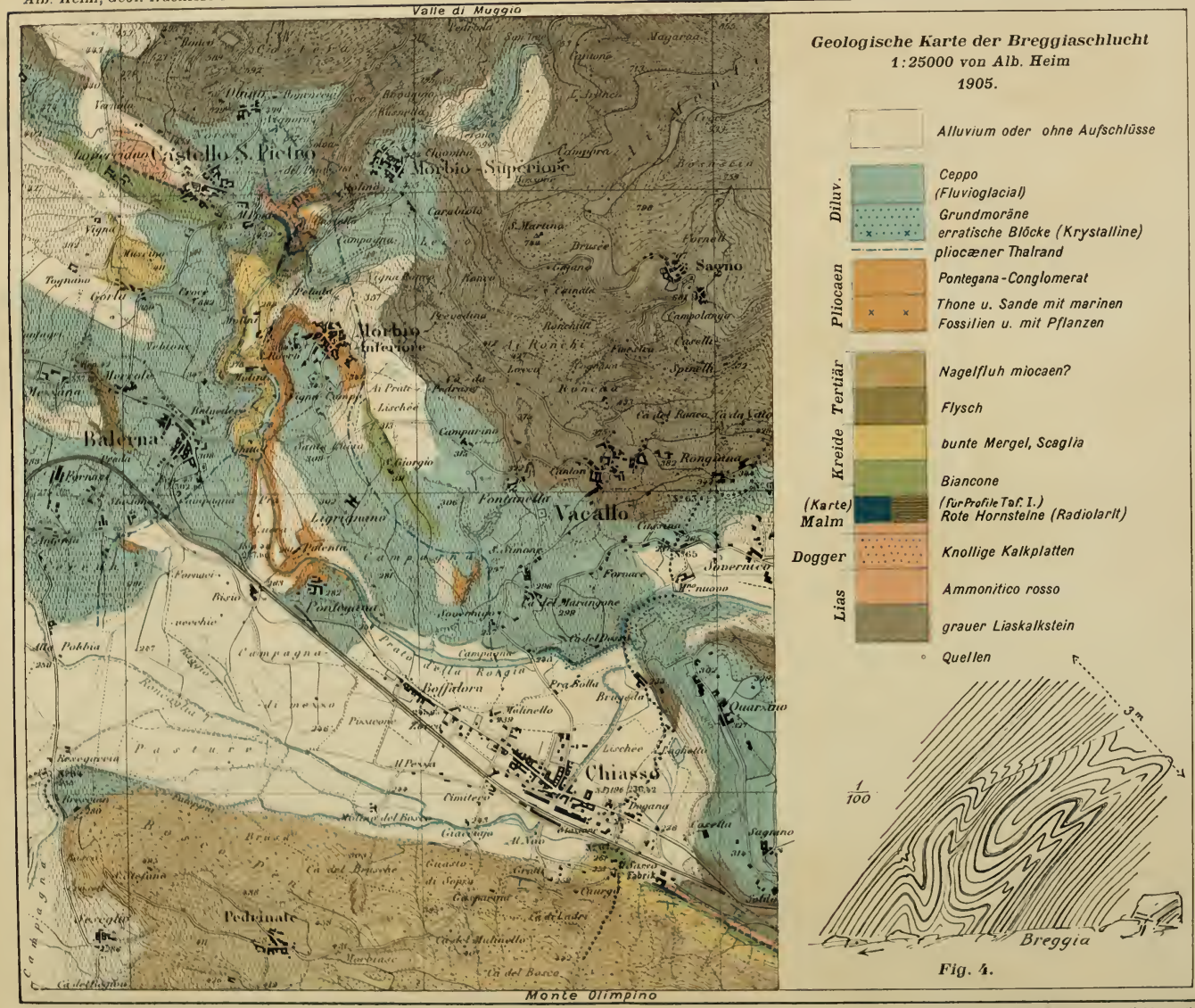


Fig. 4.

Ueberdruck aus dem topogr. Atlas der Schweiz, Blätter Nº 545, 547.
Mit Bewilligung der Schweiz. Landestopographie.

Topogr. Anstalt Winterthur, J. Schlumpf.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 073315811